Г.А. Хряпенков, Е.П. Стрыжаков

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ЦЕПИ ВАГОНОВ

Рекомендовано
Управлением кадров, учебных заведений и правового обеспечения Федерального агентства железнодорожного транспорта в качестве учебника для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта

Москва
2006

Учебное издание

Хряпенков Герман Алексеевич
Стрыжаков Егор Петрович

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ЦЕПИ ВАГОНОВ

Учебник
для техникумов и колледжей
железнодорожного транспорта

Оригинал-макет подготовлен
ИПК «Желдориздат»

ISBN 5-89035-376-4



Подписано в печать 08.09.2006 г.
Формат 60×84 $^{1}/_{16}$. Усл.-печ. л. 34,0 + 2,75 вкл.
Тираж 2000 экз. Заказ № 2114.
ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте»
107078 Москва, Басманный пер., 6
Тел.: (495) 262-74-85, e-mail: info@umczdt.ru
http://www.umczdt.ru

Отпечатано в ОАО «Московская типография № 2»
129085 Москва, пр. Мира, 105.
Тел.: (495) 682-24-91

УДК [629.45.082.3 + 629.463.12.082.3] (075.8)
ББК 39.24я73
Х97

Хряпенков Г.А., Стрыжаков Е.П.

Х97 Электрические аппараты и цепи вагонов : учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта.— М.: Маршрут, 2006. — 544 с.
ISBN 5-89035-376-4

Изложено устройство основных элементов конструкции электрических аппаратов и электрических схем пассажирских и изотермических вагонов. Основное внимание уделено устройству и принципу действия электрических аппаратов. Дано описание электрических схем пассажирских и рефрижераторных вагонов. Приведены сведения по техническому обслуживанию пассажирских и рефрижераторных вагонов.

Учебник предназначен для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта специальности «Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт вагонов и рефрижераторного подвижного состава», а также может быть полезен инженерно-техническим работникам, связанным с обслуживанием и ремонтом электрооборудования пассажирских и рефрижераторных вагонов.

УДК [629.45.082.3 + 629.463.12.082.3] (075.8)
ББК 39.24я73

Книгу написали: *Г.А. Хряпенков* — введение, гл. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11; *Е.П. Стрыжаков* — гл. 9, 10

Рецензенты: главный специалист Департамента пассажирских сообщений МПС России *Ю.В. Корнев*; главный энергетик ГУП «Транссервис» Октябрьской железной дороги — филиала ОАО «РЖД», канд. техн. наук *В.С. Смирнов*; преподаватель Воронежского электромеханического техникума железнодорожного транспорта *В.Е. Пигарев*

ISBN 5-89035-376-4

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей железнодорожного транспорта является полное и своевременное удовлетворение потребностей народного хозяйства и населения в перевозках. В области пассажирских перевозок перед железнодорожным транспортом стоит задача повышения культуры обслуживания пассажиров. Этому способствует оснащение пассажирских вагонов новейшими системами электрооборудования, используемого для освещения, отопления и вентиляции помещений вагона, охлаждения подаваемого в вагон воздуха и продуктов питания, приведение в действие различных устройств, облегчающих труд поездной бригады, питания радиоаппаратуры и приборов, обеспечивающих безопасность движения поезда.

Большинство пассажирских вагонов, эксплуатируемых на дорогах РФ, оборудовано системами автономного электроснабжения с приводом генератора от оси колесной пары. В них применяют генераторы переменного и постоянного тока.

Системы электроснабжения вагонов без установок кондиционирования воздуха унифицированы, за основу взята система ЭВ-10.02, применяемая на отечественных пассажирских вагонах, почтовых и багажных вагонах, а также на вагонах постройки заводов Германии. На дорогах России эксплуатируются пассажирские вагоны с установками кондиционирования воздуха. Обеспечение комфорта в вагоне требует использования мощных источников энергии, для чего необходимо повышать мощность генератора, а это можно сделать только увеличив крутящий момент, который можно получить с помощью редуктора от средней части оси колесной пары.

Все модификации этой системы имеют однотипное основное оборудование: трехфазный индукторный генератор, полупроводниковый выпрямитель, регулятор напряжения генератора и никель-железную аккумуляторную батарею емкостью 250, 300 или 350 А·ч. Особенностью этих систем является применение генераторов переменного тока мощностью до 32 кВт, работающих в условиях переменной частоты вращения и переменной нагрузки. В свою очередь это вызывает необходимость применения надежных устройств, обеспечивающих поддержание стабильного напряжения. При длительных стоянках вагона пред-

усмотрена возможность электроснабжения вагонов от внешней сети трехфазного тока напряжением 380/220 В.

На электрифицированных железных дорогах централизованное электроснабжение выполняется от электровоза через высоковольтную магистраль. На железных дорогах, имеющих в контактном проводе постоянный ток напряжением 3000 В, вагонная магистраль подключается через электровоз к контактной сети. На железных дорогах, имеющих в контактном проводе переменный ток 25000 В, вагонная магистраль подключается к специальной обмотке понижающего трансформатора.

Электроэнергия, получаемая через подвагонную магистраль от электровоза, используется в основном для питания устройств электроотопления.

В настоящее время разработаны преобразователи постоянного тока 3 кВ в трехфазный переменный ток напряжением 380/220 В, позволяющие централизованно снабжать все пассажирские вагоны состава. Применение таких преобразователей позволяет исключить детали привода генератора, что повышает уровень безопасности движения, улучшает динамику движения состава и дает возможность повышения скорости движения до 200 км/ч, а также повышается эффективность использования электроэнергии за счет исключения необходимости двойного преобразования энергии: сначала из электрической в механическую (приводной двигатель электровоза — движение поезда) и потом из механической в электрическую (подвагонный генератор — потребители в вагоне).

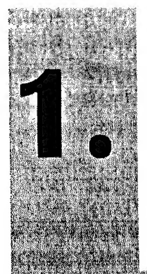
В 1998 г. Тверской вагоностроительный завод выпустил серию вагонов с кондиционером в виде моноблока, расположенного под крышей вагонов. В этих вагонах с индивидуальной системой снабжения применяется частотное регулирование производительности кондиционеров, а весь процесс регулирования осуществляется с помощью микропроцессорной техники.

Общей тенденцией развития вагоностроения является переход в системах электроснабжения с постоянного на переменный ток. Это позволяет использовать в вагонах стандартные аппараты (напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц), применяемые в промышленности, приводит к повышению надежности работы потребителей электрической энергии благодаря применению микропроцессорной техники в устройствах контроля и регулирования.

Наибольшая сохранность скоропортящихся грузов обеспечивается при транспортировке их в специальном рефрижераторном подвижном составе с машинным охлаждением и электрическим отоплением.

Такой состав обеспечивает температуру в грузовых помещениях вагонов от –20° до +14°С при температуре наружного воздуха от +45° до –45°С.

В настоящее время на железных дорогах эксплуатируются 5-вагонные секции немецкой постройки и постройки Брянского машиностроительного завода, изотермические контейнеры с холодильными установками, подключаемые к источникам электроснабжения. Современный рефрижераторный подвижной состав имеет сложное оборудование: синхронные генераторы с автоматическими регуляторами напряжения, холодильные установки с устройствами автоматики и дистанционного управления, контроля и регулирования температуры в грузовых помещениях и др.



ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ И РЕФРИЖЕРАТОРНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

1.1. Назначение и расположение электрооборудования пассажирского вагона

Электрооборудование пассажирских вагонов предназначено для повышения комфортабельности проезда пассажиров.

Электрическое оборудование используется для освещения вагонов, вентиляции воздуха в нем, отопления и подогрева подаваемого воздуха в зимнее время и охлаждения воздуха летом.

В зимнее время электронагревательные приборы позволяют поддерживать температуру воздуха 20±2°С при температуре наружного воздуха –40°С.

В летнее время приборы охлаждения поддерживают температуру в вагоне +24±2°С при температуре наружного воздуха до +40°С. Электрооборудование используется так же для охлаждения продуктов питания в вагонах-ресторанах, в вагонах-буфетах и пассажирских вагонах, в устройствах радиовещания и работе устройств связи, облегчения труда работников поездной бригады (пылесосы, насосы отопления, водоснабжения), для обеспечения безопасности движения (сигнализация нагрева букс, сигнализация о неисправностях в различных системах электрооборудования и др.)

По назначению вагонное электрооборудование можно разделить на следующие основные группы:

1. Источники электроэнергии основные (генераторы) и резервные (аккумуляторные батареи). Генераторы пассажирских вагонов приводятся в действие от оси колесной пары и служат для питания всех потребителей вагона и подзарядки

аккумуляторной батареи. Мощность генераторов пассажирских вагонов составляет приблизительно 8–32 кВт;

2. Преобразователи рода тока и напряжения;
3. Устройства для электрического освещения вагонов с лампами накаливания и люминесцентными лампами;
4. Электрические приводы вентиляторов, насосов, компрессоров и др.;
5. Электронагревательные приборы (электрические печи и калориферы);
6. Аппаратура автоматического регулирования источников электроэнергии (регуляторы напряжения, ограничители тока и др.);
7. Пускорегулирующая аппаратура для включения и отключения потребителей электроэнергии, пуска электрических двигателей и др.;
8. Аппаратура автоматического контроля и регулирования работы потребителей, радиоаппаратура;
9. Устройства для защиты источников электроэнергии и потребителей, а также сигнальные устройства;
10. Электроизмерительные приборы;
11. Вагонная электрическая сеть.

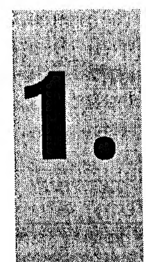
По уровню потребляемого напряжения вагонное электрооборудование можно классифицировать на низковольтное — до 1000В и на высоковольтное — свыше 1000В.

К высоковольтному оборудованию относится высоковольтное отопление (комбинированное).

Все остальное электрооборудование работает на напряжении до 1000В.

По расположению все электрическое оборудование пассажирских вагонов разделено на внутривагонное и подвагонное. Внутри вагона установлены потребители электроэнергии, аппаратура управления, защиты, контроля и сигнализации (осветительные приборы, двигатель вентиляционного агрегата, нагревательные элементы кипятильника, электрических печей и калорифера, двигатели циркуляционных насосов, распределительный шкаф или пульт управления и пр.) (рис 1.1, 1.2.)

Под вагоном размещены источники электроэнергии, а также коммутационная и защитная аппаратура, которые по своим габаритным размерам, условиям работы не могут быть установлены внутри вагона (генераторы, аккумуляторные батареи,



ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ И РЕФРИЖЕРАТОРНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

1.1. Назначение и расположение электрооборудования пассажирского вагона

Электрооборудование пассажирских вагонов предназначено для повышения комфортабельности проезда пассажиров.

Электрическое оборудование используется для освещения вагонов, вентиляции воздуха в нем, отопления и подогрева подаваемого воздуха в зимнее время и охлаждения воздуха летом.

В зимнее время электронагревательные приборы позволяют поддерживать температуру воздуха 20±2°С при температуре наружного воздуха –40°С.

В летнее время приборы охлаждения поддерживают температуру в вагоне +24±2°С при температуре наружного воздуха до +40°С. Электрооборудование используется так же для охлаждения продуктов питания в вагонах-ресторанах, в вагонах-буфетах и пассажирских вагонах, в устройствах радиовещания и работе устройств связи, облегчения труда работников поездной бригады (пылесосы, насосы отопления, водоснабжения), для обеспечения безопасности движения (сигнализация нагрева букс, сигнализация о неисправностях в различных системах электрооборудования и др.)

По назначению вагонное электрооборудование можно разделить на следующие основные группы:

1. Источники электроэнергии основные (генераторы) и резервные (аккумуляторные батареи). Генераторы пассажирских вагонов приводятся в действие от оси колесной пары и служат для питания всех потребителей вагона и подзарядки

аккумуляторной батареи. Мощность генераторов пассажирских вагонов составляет приблизительно 8–32 кВт;
2. Преобразователи рода тока и напряжения;
3. Устройства для электрического освещения вагонов с лампами накаливания и люминесцентными лампами;
4. Электрические приводы вентиляторов, насосов, компрессоров и др.;
5. Электронагревательные приборы (электрические печи и калориферы);
6. Аппаратура автоматического регулирования источников электроэнергии (регуляторы напряжения, ограничители тока и др.);
7. Пускорегулирующая аппаратура для включения и отключения потребителей электроэнергии, пуска электрических двигателей и др.;
8. Аппаратура автоматического контроля и регулирования работы потребителей, радиоаппаратура;
9. Устройства для защиты источников электроэнергии и потребителей, а также сигнальные устройства;
10. Электроизмерительные приборы;
11. Вагонная электрическая сеть.

По уровню потребляемого напряжения вагонное электрооборудование можно классифицировать на низковольтное — до 1000В и на высоковольтное — свыше 1000В.

К высоковольтному оборудованию относится высоковольтное отопление (комбинированное).

Все остальное электрооборудование работает на напряжении до 1000В.

По расположению все электрическое оборудование пассажирских вагонов разделено на внутривагонное и подвагонное. Внутри вагона установлены потребители электроэнергии, аппаратура управления, защиты, контроля и сигнализации (осветительные приборы, двигатель вентиляционного агрегата, нагревательные элементы кипятильника, электрических печей и калорифера, двигатели циркуляционных насосов, распределительный шкаф или пульт управления и пр.) (рис 1.1, 1.2.)

Под вагоном размещены источники электроэнергии, а также коммутационная и защитная аппаратура, которые по своим габаритным размерам, условиям работы не могут быть установлены внутри вагона (генераторы, аккумуляторные батареи,

обогреватели наливных труб, электромашинные преобразователи люминесцентного освещения, двигатели компрессоров и вентиляторов конденсатора установки охлаждения воздуха, высоковольтные контакторы и предохранители и т.п.). Кроме того, под вагоном расположены низковольтная магистраль напряжением 50В, высоковольтная –3000В и магистраль электропневматического тормоза и их междувагонные соединения. В вагоне 64-820 (постройки Тверского вагоностроительного завода) преобразователи (инверторы) размещаются под вагоном и служат для питания установки кондиционирования воздуха.

Потребители электроэнергии: электродвигатели; электронагреватели; электрокалориферы и электропечи; электродвигатели вентиляторов пассажирских вагонов, расположенные над рабочим тамбуром в пассажирских вагонах; электродвигатели циркуляционных насосов (служащих для усиления циркуляции воды в системе отопления и расположенных под кипятильником).

1.2. Назначение и расположение электрооборудования рефрижераторного подвижного состава

Электрооборудование рефрижераторного подвижного состава можно разделить на следующие группы:

1. Источники электроэнергии (генераторы и аккумуляторные батареи). Генераторы, приводимые в действие дизелями, вырабатывают трехфазный ток для питания холодильных и отопительных установок. Генератор, находящийся под вагоном и приводимый во вращение от оси колесной пары, предназначен для зарядки аккумуляторных батарей, питания цепей освещения и других вспомогательных устройств. На рефрижераторном подвижном составе имеются генераторы, расположенные под вагоном, приводимые во вращение от оси колесной пары, мощностью 4,5–10 кВт. Они предназначены для зарядки аккумуляторных батарей, питания цепей освещения и других вспомогательных потребителей. Там же имеются генераторы, приводимые в действие дизелями, которые вырабатывают 3-фазный переменный ток для питания холодильных и отопительных установок. Их мощность составляет приблизительно 100 Квт и 25 кВт на секциях ZB-5 (рис. 1.3). Генераторы находятся в вагоне-электростанции. Аккумуля-

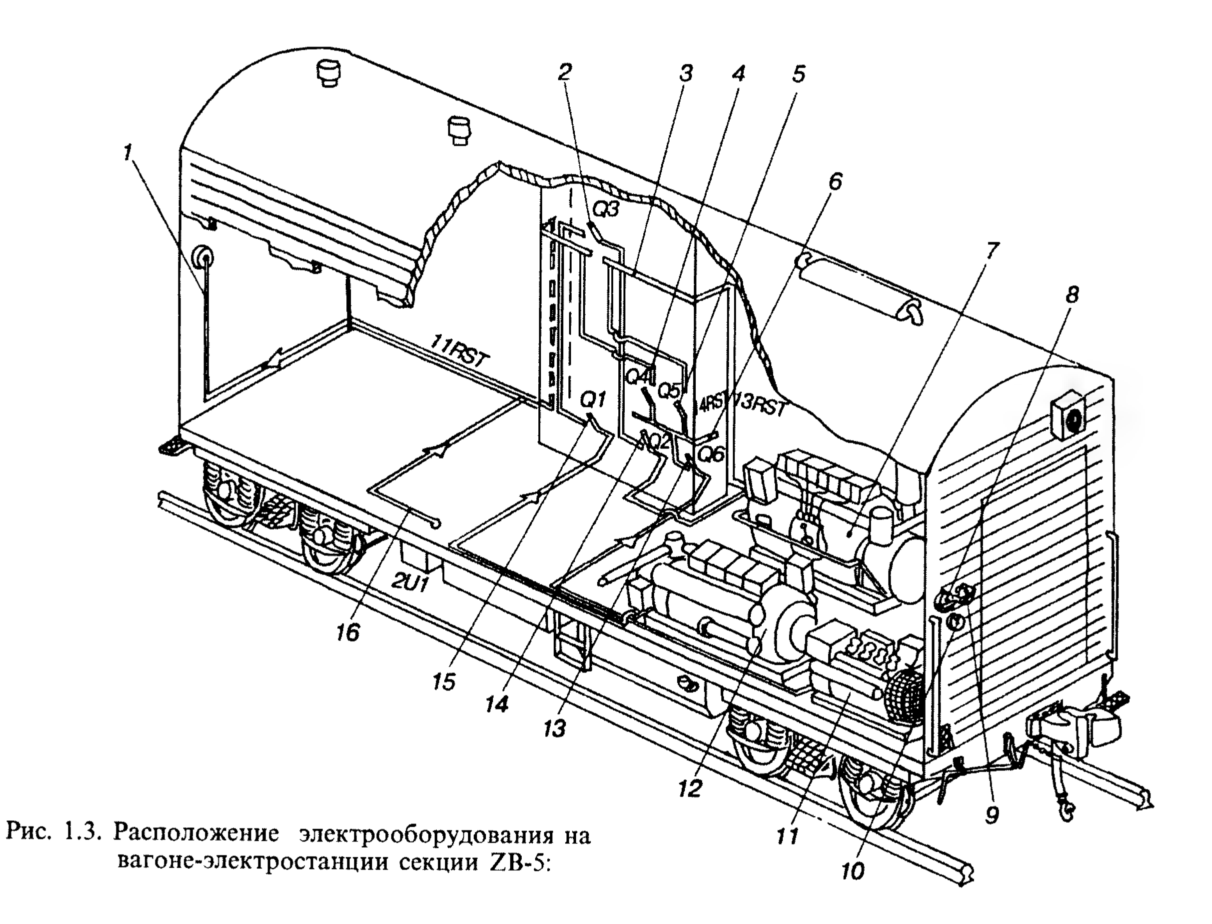


Рис. 1.3. Расположение электрооборудования на вагоне-электростанции секции ZB-5:

торные батареи являются резервными источниками энергии и питают потребители пассажирских вагонов на стоянках или при неработающих генераторах. Аккумуляторные батареи расположены в подвагонных ящиках.

Для преобразования постоянного тока в переменный используют полупроводниковые преобразователи, которые обеспечивают электроэнергией вспомогательные линии.

2. Потребители электроэнергии — электродвигатели, электрические нагреватели, калориферы, магнитные соленоидные вентили, лампы и др. Электродвигатели приводят в действие компрессоры холодильных установок, вентиляторы, насосы, заслонки; их располагают, как правило, на одной раме с соответствующим агрегатом. При помощи калориферов и электрических нагревателей отапливают вагоны-холодильники и другие помещения. Нагреватели и калориферы монтируют в обогреваемых помещениях или в блоке с подогревающими устройствами (рис 1.4.).
3. Пускорегулирующие, защитные и распределительные устройства — автоматические выключатели, магнитные пускатели, переключатели, тепловые реле, распределительные щиты, силовые шины и т.д. Электрооборудование этой группы подключает и отключает источники тока от потребителей, регулирует режимы работы потребителей и осуществляет защиту от аварий. Пускорегулирующие и защитные аппараты

Продолжение рисунка 1.3

1 — фаза *11RST* (служит для питания 1 и 2 вагонов); *2* — спаривающий контактор *Q3*; *3* — фаза *13RST* (служит для питания 3-го и 4-го вагонов); *4* — контактор *Q4* (служит для соединения главной шины *2G1* и шины вспомогательного генератора *14RST*); *5* — контактор *Q5* (служит для соединения главной шины *2G2* и шины вспомогательного генератора *14RST*); *6* — шины вспомогательного генератора *14RST*; *7* — дизель-генератор *2G2*; *8* — розетка междувагонных электрических соединений линий контроля температуры; *9* — то же линии управления; *10* — то же линии силовой магистрали; *11* — вспомогательный дизель-генератор *2G3*; *12* — дизель-генератор *2G1*; *13* — контактор *Q6* включения генератора *2G3* на шину вспомогательного генератора *14RST*; *14* — контактор *Q2* включения генератора *2G2* на главную шину генератора *2*; *15* — контактор *Q1* включения генератора *2G1* на главную шину генератора *1*; *16* — фаза для питания от посторонней сети *2U1*

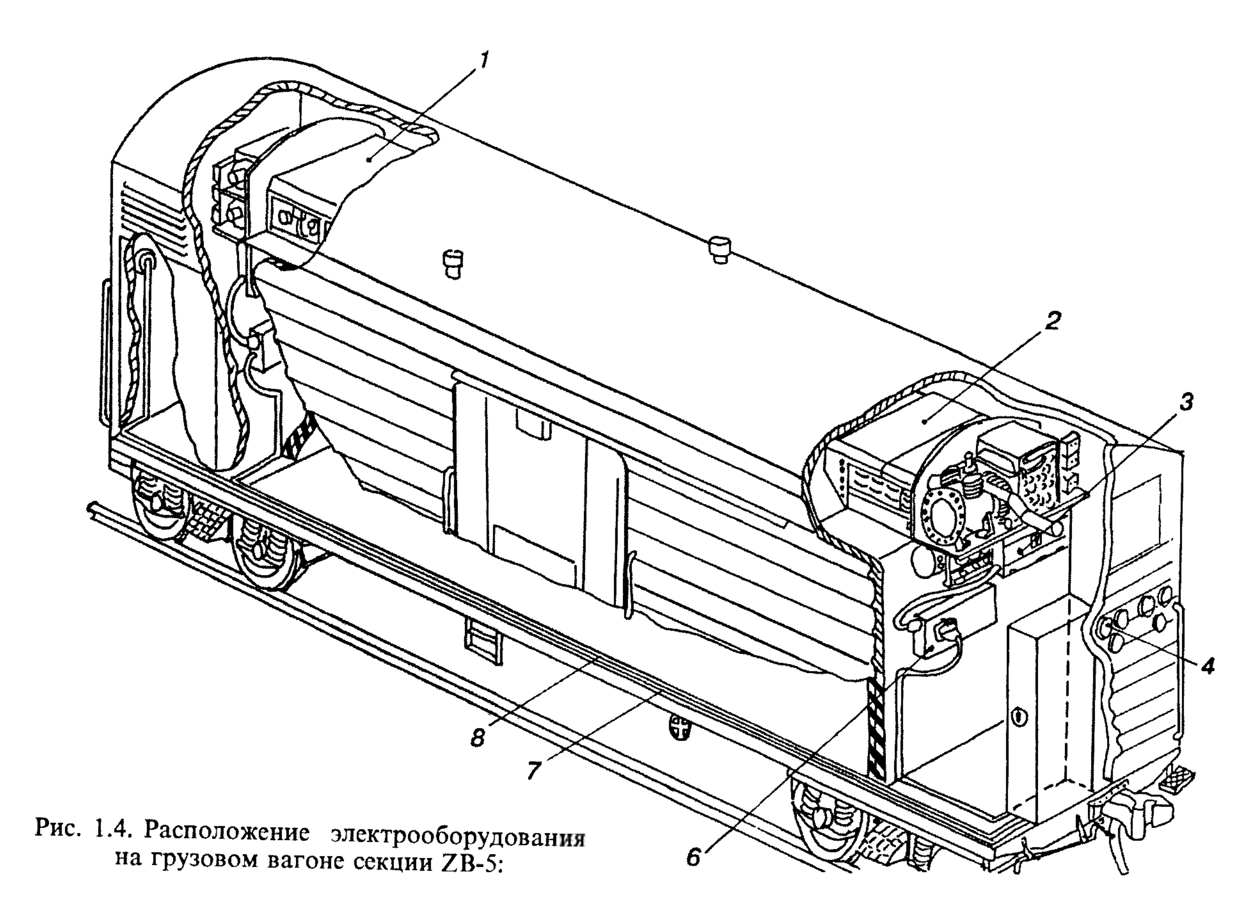


Рис. 1.4. Расположение электрооборудования на грузовом вагоне секции ZB-5:

и распределительные устройства располагают в основном в распределительных щитах.

4. Приборы автоматики и дистанционного управления — различные реле, программные устройства, датчики, аппаратура для измерения и записи температуры и т.д.;
5. Электрические магистрали и линии — провода, кабели и другие приспособления, связывающие между собой источники электроэнергии с потребителями и распределительными устройствами;
6. Контрольно-измерительные устройства — амперметры, вольтметры, частотомеры, индикаторы, указатели, запоминающие устройства.

1.3. Условия работы электрооборудования пассажирских и рефрижераторных вагонов и предъявляемые к нему требования

Электрическое оборудование пассажирского вагона работает в тяжелых условиях.

Электрооборудование вагона должно отвечать требованиям:
по аппаратам электрическим — ГОСТ 9219;
по электрическим машинам — ГОСТ 2582 и ГОСТ 183;
по безопасности — ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.007.

Сопротивление изоляции цепей электрооборудования до 110 В при эксплуатации в нормальных условиях должно быть не менее 0,5 МОм, а цепей с напряжением от 110 В до 1 кВ не менее 1 МОм.

Сопротивление изоляции электрооборудования номинальным напряжением 3000 В постоянного тока, собранного в каркасе или однофазного переменного тока, также собранного в одном каркасе, блоке или ящике, в холодном состоянии должно быть не менее 5 МОм при нормальных климатических условия (+20°С).

Продолжение рисунка 1.4

1–2 — холодильно-нагревательные установки; *3* — электроаппаратный щит; *4* — фальшрозетки для вывешивания электрических междувагонных соединений при отсоединении от служебного вагона; *5* — распределительный щит; *6* — коробка разъемов; *7* — шина для передачи электроэнергии следующему вагону; *8* — шина для передачи электроэнергии холодильно-нагревательной установке 2

Все электрооборудование напряжением выше 110 В постоянного тока и выше 42 В переменного тока должно иметь надежное заземление на корпус (кузов) вагона. На каждую тележку устанавливаются две перемычки между кузовом вагона и рамой тележки и две перемычки между рамой тележки и буксами. Сечение перемычек определяется расчетом, но по условиям механической прочности должно быть для каждой перемычки не менее 12,5 мм^2 (суммарно 25 мм^2). Сопротивление каждого контакта защитного заземления должно быть не более 0,01 Ом.

Ящик с высоковольтной коммутационной аппаратурой должен быть расположен под вагоном на раме. Ящик должен быть снабжен замком под специальный ключ, используемый для междувагонных электрических высоковольтных соединений, и иметь уплотнение от проникновения внутрь ящика влаги, пыли и грязи (степень защиты JP55 по ГОСТ 14254–80), а также устройство в днище для стока конденсата.

Все аппараты и узлы высоковольтного электрооборудования (нагревательные элементы печей и калориферы, реле, блокировки, провода и др.) должны обеспечивать нормальную работу при колебаниях напряжения от 2200 В до 4000 В постоянного тока и 2200 В до 3600 В переменного тока.

Электрооборудование вагона не должно повреждаться под действием коммутационных, индуктивных перенапряжений и при резких колебаниях напряжений в пределах, установленных техническими условиями.

Крепления электрических контактных соединений должны иметь устройства против самоотвинчивания.

Электрооборудование должно иметь селективную защиту цепей потребителей от коротких замыканий и перегрузок. Защита электрических цепей напряжением до 1000 В должна быть выполнена автоматическими выключателями или предохранителями с плавкими вставками.

В низковольтных цепях постоянного тока при двухпроводной изолированной системе защита должна осуществляться как в плюсовой, так и в минусовой шинах (проводах). Номинальный ток предохранителя не должен быть больше допустимого тока защищаемых проводов и кабелей.

Низковольтное (до 1000 В) оборудование постоянного тока в нормальном режиме должно быть выполнено по двухпровод-

ной системе, изолированно от «корпуса» вагона и иметь сигнализацию о снижении сопротивления изоляции.

Ниши всех распределительных щитов и пускорегулирующей аппаратуры должны быть изолированы от горючих материалов конструкции негорючими или трудногорючими изоляционными материалами толщиной не менее 5 мм. Конструкция ниши распределительных щитов и пускорегулирующей аппаратуры должна предотвращать распространение пламени по вагону в случае его возникновения в нише, щите и должна позволять легко производить осмотр, ремонт и проверку состояния электрооборудования.

Конструкции из горючих материалов, на которых располагаются электронагревательные приборы (например, электропечи для отопления), должны быть изолированы металлическим листом толщиной не менее 0,5 мм по негорючему или трудногорючему изоляционному материалу толщиной 5 мм. При этом от верхнего края электронагревателя до края изоляции должно быть не менее 50 мм. Для светильников с лампами накаливания толщина изоляции должна быть не менее 2,8 мм.

Температура на поверхности наружных кожухов электронагревателей (электропечей для отопления) не должна превышать +60°С.

Электрическое оборудование, находящееся вне кузова вагона, подвержено атмосферным воздействиям. В зимнее время при низких температурах снижается механическая прочность отдельных деталей электрических машин, аппаратов и приборов. Вследствие замерзания смазки создаются большие моменты сопротивления, затрудняющие работу электрических машин и снижающие их коэффициент полезного действия. При низких температурах изоляционные материалы становятся хрупкими и в них появляются трещины, емкость аккумуляторных батарей уменьшается.

Летом при повышенных температурах (особенно в южных районах) работа электрооборудования также затруднена: ухудшаются условия охлаждения оборудования, увеличивается коррозия металлических деталей.

Значительно затрудняет работу оборудования действие влаги и грязи. Оборудование, установленное снаружи кузова, при движении обдувается потоком воздуха, содержащим частицы пыли, обладающие абразивным действием. Эти частицы разрушают изоляцию электрических машин, аппаратов и приборов. Внутривагонное оборудование так же может находиться в не-

благоприятных климатических условиях во время длительного отстоя вагонов.

В связи с этим к электрооборудованию предъявляются повышенные требования, т.е. оно должно иметь высокую эксплуатационную надежность.

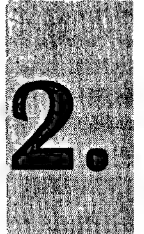
Электрооборудование должно надежно работать при изменениях температуры окружающей среды от +40° до –50°С и относительной влажности до 90%, а также обладать высокой механической прочностью при динамических нагрузках, вызванных вибрацией, соударениями при маневрах и действием инерционных сил, возникающих при торможениях.

Электрооборудование рефрижераторных вагонов сложно, и работает оно в тяжелых условиях. В процессе эксплуатации на него действуют значительные динамические усилия, возникающие в результате вибраций и толчков, агрессивные среды (масло, дизельное топливо, моющие растворы), повышенная влажность и запыленность. Кроме того, электрооборудование подвергается воздействию наружных температур от –50° до 50°С. Установленное в вагонах электрооборудование должно иметь наименьшие массу и габаритные размеры. Особые требования предъявляются к размерам электрооборудования, устанавливаемого снаружи и под вагоном, так как оно обязательно должно вписываться в габариты подвижного состава.

В системе электроснабжения рефрижераторных вагонов должна быть предусмотрена аппаратура для защиты источников электроэнергии, потребителей и электрической сети от перегрузок и коротких замыканий, недопустимого повышения и понижения напряжения. Некоторые аппараты и приборы (магнитные вентили, нагревательные элементы, реле и др.) должны иметь специальную защиту от воздействия хладагента, влаги и других агрессивных сред.

Работа электрического оборудования должна быть максимально автоматизирована, так как это позволяет более точно поддерживать требуемые режимы.

Электрическое оборудование, применяемое на рефрижераторном подвижном составе, обеспечивает пуск и остановку холодильно-нагревательных установок, дизелей, изменение температуры внутри вагонов, освещение, экипировку топливом и др. Без электрического оборудования невозможен процесс автоматизации работы холодильных машин и отопительных приборов, защиты их от аварийных режимов.



2. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВАГОНОВ

2.1. Общие сведения о системах электроснабжения и их классификация

Системой электроснабжения называют комплекс оборудования, предназначенный для выработки и распределения электрической энергии потребителям вагона. В зависимости от расположения источников электрической энергии и их использования системы электроснабжения делятся на две основные группы: автономные и централизованные.

В централизованных системах электроснабжения потребители всех вагонов поезда получают питание от локомотива или специального вагона-электростанции. Источниками электрической энергии служат дизель-генераторные агрегаты или специальные преобразователи, питающиеся от контактной сети напряжением 3 кВ постоянного или переменного тока через электровоз. Электрическая энергия к потребителям передается по соответствующим электромагистралям.

Вагон-электростанция включается в поезд в основном на неэлектрифицированных участках. В вагоне-электростанции установлены несколько дизель-генераторных агрегатов, регулирующая и коммутационная аппаратура, вспомогательные устройства для пуска, охлаждения дизеля и подачи к ним топлива. Режим нагрузки вагона-электростанции может меняться в широких пределах, так как работа потребителей зависит от климатических особенностей местности, по которой следует поезд, и от времени года.

Наличие нескольких дизель-генераторных агрегатов позволяет при выходе из строя одного из агрегатов иметь необходимый

резерв или, в зависимости от нагрузки, включать в работу один или несколько дизелей. На вагонах-электростанциях, построенных в 70–80-е годы, установлены три дизель-генераторных агрегата мощностью по 200 кВт каждый. Питание вагонов от вагона-электростанции позволяет непосредственно использовать электроэнергию в пассажирских вагонах (без преобразования); применять электрическое оборудование общего назначения, работающее при стандартном напряжении 220/380 В и частоте 50 Гц. Однако стоимость электроэнергии при этом значительно выше, чем при питании вагонов от локомотива. В настоящее время вместо дизель-генераторных агрегатов применяется система двигатель–генератор. Генератор получает вращение от шестифазного синхронного двигателя, который, в свою очередь, получает питание от тиристорного преобразователя через контактную сеть 3 кВ.

Наиболее рационально использовать электроэнергию для вагонов от локомотива. Электроснабжение вагонов от контактной сети через локомотив требует создания надежных и малогабаритных преобразователей, обеспечивающих необходимое качество электрической энергии для питания основных потребителей вагонов.

Сложность создания малогабаритных, достаточно надежных преобразователей и размещение их на вагонах и локомотивах привели к необходимости применения смешанного электроснабжения.

В смешанной системе низковольтные потребители подключаются к сети, питающейся от генератора, имеющего привод от оси колесной пары, а устройства для электрического отопления — по подвагонной высоковольтной магистрали от локомотива.

Аварийным и резервным источником электрической энергии служит аккумуляторная батарея, заряжаемая от генератора.

2.2. Автономная система электроснабжения

В пассажирском вагоне с системой автономного электроснабжения имеются собственные источники электрической энергии (генератор и аккумуляторная батарея), обеспечивающие питание потребителей электроэнергией при движении и на стоянке. Основным источником электроэнергии является генератор, ко-

торый приводится во вращение от оси колесной пары вагона с помощью специального привода.

В автономной системе электроснабжения применяется только постоянный ток. Под вагоном устанавливается аккумуляторная батарея, служащая резервным (на стоянках) и аварийным источником питания при выходе из строя генератора. Потребители тока также рассчитаны для работы на постоянном токе. Цепи всех потребителей, если вагон не находится в режиме отстоя, постоянно подсоединены к аккумуляторной батарее. Таким образом, напряжение потребителей и батареи одно, общее. Генератор подключается к работе тогда, когда он может обеспечить зарядное напряжение, т.е., когда скорость движение вагона достигает 30–40 км/ч. После подключения к общим цепям от генератора получают питание потребители и подзаряжается аккумуляторная батарея. Для питания системы электроснабжения постоянный ток может быть получен не только от генераторов постоянного тока, но и от генераторов переменного тока. В этом случае аккумуляторную батарею и потребители подключают к генератору через выпрямитель.

В системах с приводом генератора приняты два стандартных напряжения: для вагонов без кондиционирования воздуха 50 В и для вагонов с кондиционированием 110 В.

Основным преимуществом системы автономного электроснабжения является то, что питание потребителей в каждом вагоне не зависит от внешних источников электрической энергии. В результате этого обеспечивается возможность передачи вагонов из одного поезда в другой и их отцепки от локомотива и от поезда без нарушения нормального электроснабжения и др.

Схема автономного электроснабжения пассажирского вагона отечественной постройки

Комплекс электроснабжения ЭВ10.02.26 применяется на пассажирских вагонах отечественной и зарубежной постройки без установок кондиционирования воздуха.

В состав комплекса входят:

- генератор переменного тока 2ГВ.003.13.У1;
- пульт управления 2ПУ.040.4У3;
- подвагонный высоковольтный ящик;
- аккумуляторная батарея 38ТНЖ-350-У2;
- блок с терморезисторами 2БА.104.2У2.

Основные технические данные комплекса электрооборудования

Мощность на стороне постоянного тока в продолжительном режиме при частоте вращения ротора 950÷4000 об/мин, кВт	8
Мощность обмотки, кВ·А	
основной	9,45
дополнительной	0,45
Номинальное напряжение, В:	
основной обмотки	45
дополнительной обмотки	24
шунтовой обмотки возбуждения	28
в цепях потребителей	50±3
Номинальный ток, А:	
основной обмотки	121
дополнительной обмотки	31,5
параллельной обмотки возбуждения	11,6
последовательной обмотки возбуждения	147А
Коэффициент полезного действия при частоте вращения ротора генератора 950÷4000 об/мин:	
генератора	0,91÷0,75
комплекса	0,83÷0,68

Комплекс электрооборудования обеспечивает: стабилизацию напряжения постоянного тока в цепях потребителей на уровне 50±3 В; автоматическое изменение режима зарядки аккумуляторной батареи в зависимости от скорости движения вагона и температуры электролита; автоматическое ограничение тока разряда батареи; автоматическое и ручное управление вентиляционной установкой и высоковольтным отоплением; защиту электрооборудования от коротких замыканий, токовых перегрузок, повышенного напряжения в системе электрооборудования, обрыве фаз генератора и всех видов кратковременных (импульсных) перенапряжений.

На рис. 2.1 представлена структурная схема системы энергоснабжения ЭВ10.02.26 серийного пассажирского вагона. Функциональные части на схеме изображены в виде прямоугольников или условных графических обозначений. Указано наименование каждой части, а линиями обозначен ход процесса получения электрической энергии, ее распределения и использования.

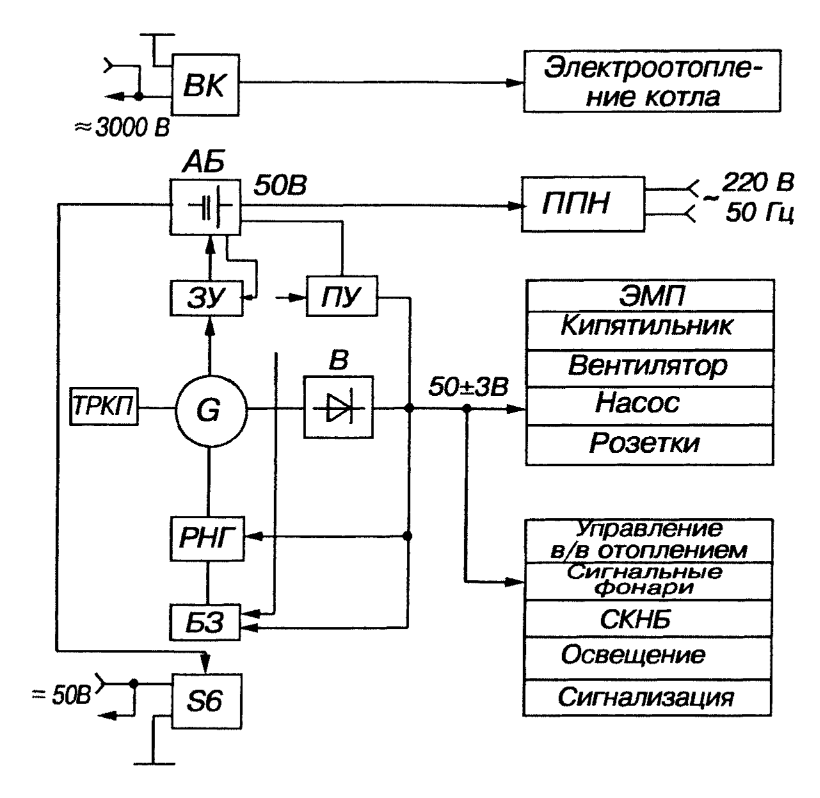


Рис. 2.1. Структурная схема системы энергоснабжения ЭВ10.02.26

Система электроснабжения позволяет обеспечивать электрической энергией вагонные потребители от четырех различных источников: двух собственных (подвагонного генератора *G* и аккумуляторной батареи *АБ*) и двух внешних, подключаемых к вагону через высоковольтную и низковольтную поездные однопроводные магистрали. От высоковольтной поездной магистрали через высоковольтный контактор *ВК* получают питание нагревательные элементы котла отопления, а от низковольтной цепи — сети освещения (аварийного, служебного и ночного), а также цепи технологического контроля и управления. В свою очередь и сам энергоузел может быть использован как источник питания для соседних вагонов, для чего режимный переключатель *S6* необходимо установить в положение «Подача в магистраль».

Подвагонный генератор приводиться в действие от оси колесной пары через текстропно-редукторно-карданный привод *ТРКП* и является основным источником питания, обеспечивая питание потребителей вагона и подзарядку аккумуляторной батареи. Генератор вырабатывает электроэнергию трехфазного переменного тока, которая основным силовым выпрямителем *В* преобразуется в энергию постоянного тока напряжением 50 В. Это напряжение поддерживается на постоянном уровне регулятором напряжения генератора *РНГ*. Подзарядка аккумуляторной батареи осуществляется с помощью вольтодобовочной обмотки генератора через зарядное устройство *ЗУ* с учетом температуры в аккумуляторном ящике.

С помощью переключающего устройства *ПУ* осуществляется переключение потребителей вагона с аккумуляторной батареи на генератор и наоборот.

Защита энергоузла и потребителей вагона при аварийных режимах осуществляется специальными блоками и реле защиты, обозначенными на схеме блоком *БЗ*, а также различными схемными решениями в системе.

Энергопотребители вагона разделены на три группы: первая — управление высоковольтным отоплением, сигнальные фонари, система контроля нагрева букс, освещение аварийное и ночное и звонковая сигнализация; вторая — электромашинный преобразователь *ЭМП* (для питания ламп люминесцентного освещения), кипятильник, электродвигатели вагонного вентилятора и насоса, розетки, система пожарной сигнализации и водоохладитель; третья — электронагревательные элементы котла отопления. Кроме того, в вагоне установлены два полупроводниковых преобразователя напряжения *ППН*, преобразующие постоянный ток напряжением 50В в переменный ток напряжением 220 В частотой 50 Гц для питания электробритв.

Схема автономного электроснабжения пассажирских вагонов постройки Германии

На вагонах постройки Германии типа К/ки 1994 г. с приводом от оси колесной пары источниками питания на пассажирских вагонах являются:

- подвагонный генератор (при движении) на 34 кВ·А;
- аккумуляторная батарея (при стоянке) емкостью 390 А·ч;
- питание от посторонней сети (при длительной стоянке) трехфазного тока 380 В, 50 Гц.

Режим движения. Во время движения электроснабжение обеспечивается бесконтактным генератором 34 кВ·А. Он соединен с колесной парой через привод в средней части оси колесной пары, карданный вал и эластичную муфту сцепления.

Вырабатываемый генератором (рис. 2.2) *1m1 (111)* трехфазный ток (3×116 В, 170 А) через фазовый предохранитель *1u1e12* и через кулачковый выключатель *1u1a1/(111)* подается выпрямителю *1u1u1 (114)*. Далее подается аккумуляторной батарее и потребителям. Генератор с помощью регулятора возбуждения *1u2 (135-141)* регулируется по вольт-амперной характеристике, со значениями:

основное отрегулированное напряжение, В	135
номинальный ток, А	230
зарядный ток батареи, А	90

При повышении скорости движения отдаваемое генератором напряжение превышает встречное напряжение батареи *1n1 (121)*, имеющееся на выпрямителе *1u1u1*. Зарядка аккумуляторной батареи происходит от генератора, а питание потребителей, требующих стабильного напряжения 110 В (сеть освещения), через диодный ограничитель напряжения, поддерживающий напряжение 110 В. Остальные потребители питаются от генератора.

При понижении скорости движения напряжение генератора будет ниже напряжения батареи, диоды выпрямителя предотвратят обратный ток от батареи к генератору, и питание потребителей осуществляется от батареи.

Для предотвращения тока возбуждения в трансформаторном режиме для положительного потенциала реле движения-стоянки *1d1 (140)* предусматривается отдельный выпрямительный мост с диодом *1u1n7 (100)*.

Режим стоянки. В режиме стоянки вагона вся электрическая установка питается от никель-кадмиевой аккумуляторной батареи *1n1 (121)* обладающей емкостью 390 А·ч.

Мощные потребители, например максимальная ступень охлаждения холодильной установки или низковольтное отоп-

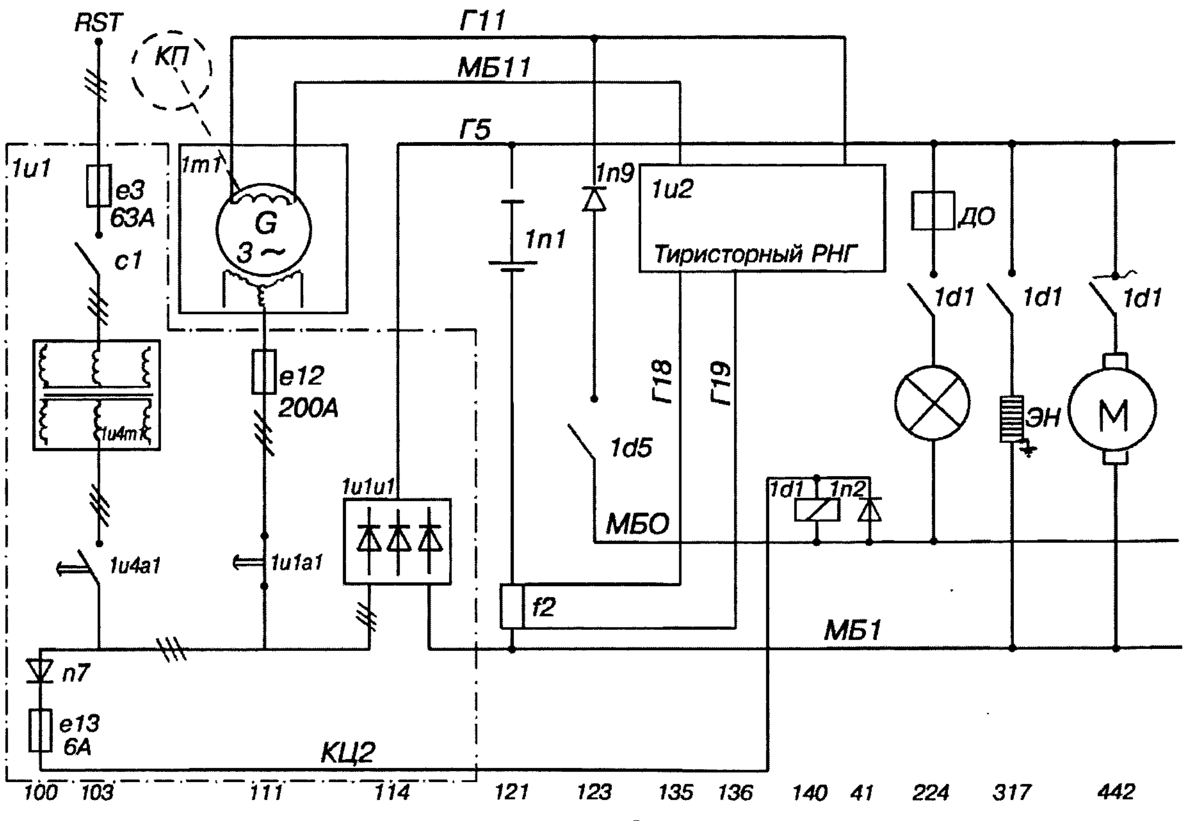


Рис. 2.2. Принципиальная схема электроснабжения вагонов постройки Германии

ление, в режиме стоянки не включаются (реле *1d1* обесточено).

Если напряжение установки снижается ниже 100 В, то устройство защиты от минимального напряжения отключает холодильную установку, подогрев компрессора, охладитель питьевой воды и холодильник, так как минимальное рабочее напряжение магнитных клапанов установок составляет 100 В.

Если напряжение далее снижается до 87 В, то электронная защита от минимального напряжения отключает все потребители, за исключением аварийного освещения и сигнальных устройств.

Питание от постороннего источника. В случае длительной стоянки или слишком сильноразряженной батареи зарядка батареи и питание потребителей могут осуществляться от посторонней сети трехфазного тока 380 В, 50 Гц. Для ее подключения имеются соединительные контакты на приборном ящике выпрямителя, расположенном под вагоном.

Приборы для питания от постороннего источника находятся в приборном ящике выпрямителя *1u1* и приборном ящике трансформатора *1u4m1 (103)*.

Трансформатор *1u4m1* трехфазного тока номинальной мощностью 23,8 кВ·А снижает напряжение общепромышленной сети с 380 В до 3×100 В. Через контакт *c1 (103)* ток подается трансформатору. Вторичное напряжение трансформатора через контакты кулачкового выключателя *1u4a1 (103)* подается выпрямителю. Питание потребителей и зарядка батарей осуществляются выпрямленным напряжением трансформатора. Регулятор возбуждения *1u2* отключен через выключатель *1u1a1 (111)*.

Реле движения-стоянки *1d1 (140)* получает напряжение через выпрямительный мост *1u1n7 (100)* и своими контактами деблокирует мощные потребители. В случае короткого замыкания защита обеспечивается предохранителем *1u1e3 (103)*.

Система автономного снабжения пассажирских вагонов от подвагоной магистрали напряжением 3000 В постоянного или переменного тока

Эта система (рис. 2.3) применяется на пассажирских вагонах

типа 61-4170, предназначенных для движения со скоростью до 200 км/ч.

Электрооборудование этого вагона обеспечивает:

1. Питание двух групп высоковольтного отопления мощностью по 24 кВт каждая непосредственно от подвагонной магистрали 3000 В.

2. Питание низковольтных потребителей:

   2.1. Через высоковольтный статический преобразователь $P = 42$ кВт, расположенный под вагоном;

   2.2. От внешней сети напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц, мощностью P до 3,5 кВт;

   2.3. От внешней сети напряжением 110 В постоянного тока, мощностью P до 5 кВт;

   2.4. От соседнего вагона напряжением до 142 В постоянного тока, мощностью P до 5квт.

3. В аварийном режиме питание вагона обеспечивается:

   3.1. От аккумуляторной батареи емкостью 180 А·ч с номинальным напряжением 110 В.

   3.2. Подачу питания на соседний вагон напряжением до 142 В постоянного тока мощностью до 5 кВт от статического преобразователя.

Статический преобразователь преобразует входное напряжение 3000 В:

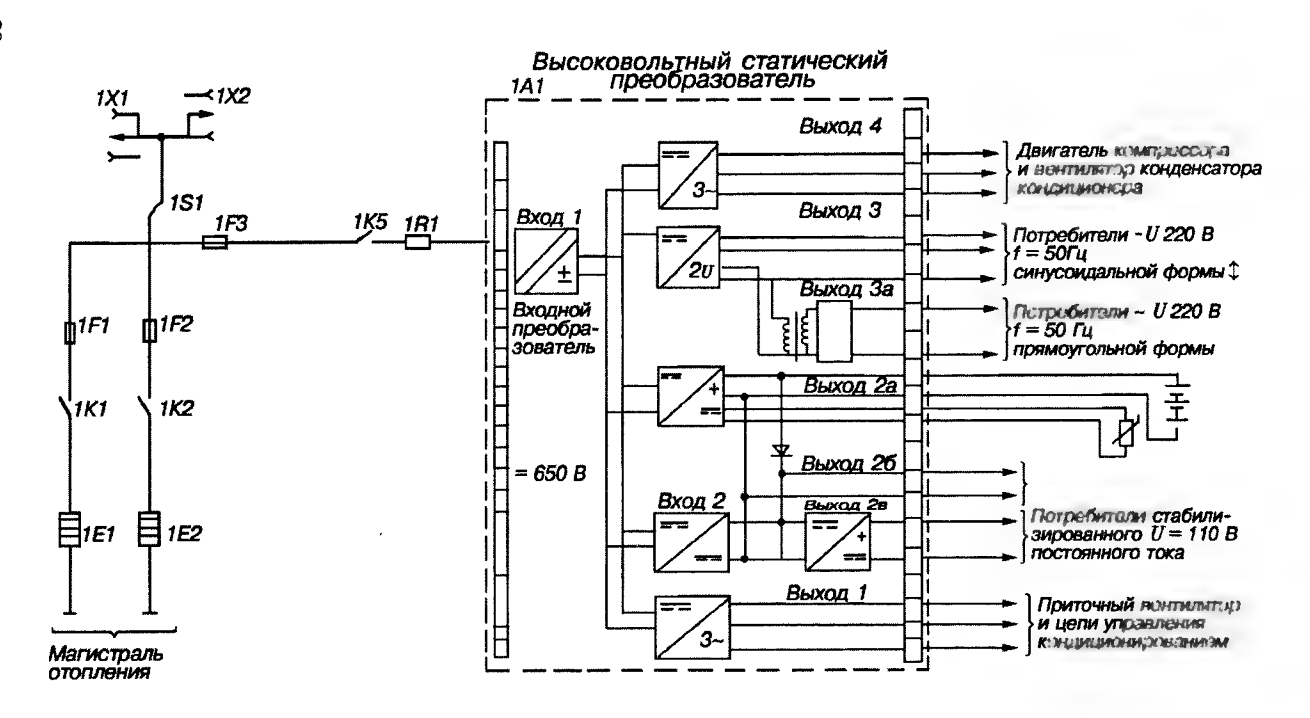
1. В трехфазный переменный ток напряжением 380 В для питания двигателя компрессора и вентилятора конденсатора установки кондиционирования воздуха вагона;

2. В однофазный ток напряжением 220 В 50 Гц синусоидальной и прямоугольной формы;

3. В постоянный ток для зарядки аккумуляторной батареи;

4. В постоянный стабилизированный ток 110 В для потребителей стабилизированного напряжения;

5. В трехфазный переменный ток для приточного вентилятора и цепей управления кондиционирования воздуха (см. рис. 2.2.)


Высоковольтный статический преобразователь
1A1
1X1
1X2
1S1
1F3
1K5
1R1
1F1
1F2
1K1
1K2
1E1
1E2
Магистраль отопления
Вход 1
Входной преобра-зователь
= 650 В
Вход 2
Выход 4
Выход 3
Выход 3а
Выход 2а
Выход 2б
Выход 2в
Выход 1
2U
3~
Двигатель компрессора
и вентилятор конденсатора
кондиционера
Потребители ~U 220 В
f = 50Гц
синусоидальной формы
Потребители ~ U 220 В
f = 50 Гц
прямоугольной формы
Потребители стабили-
зированного U = 110 В
постоянного тока
Приточный вентилятор
и цепи управления
кондиционированием

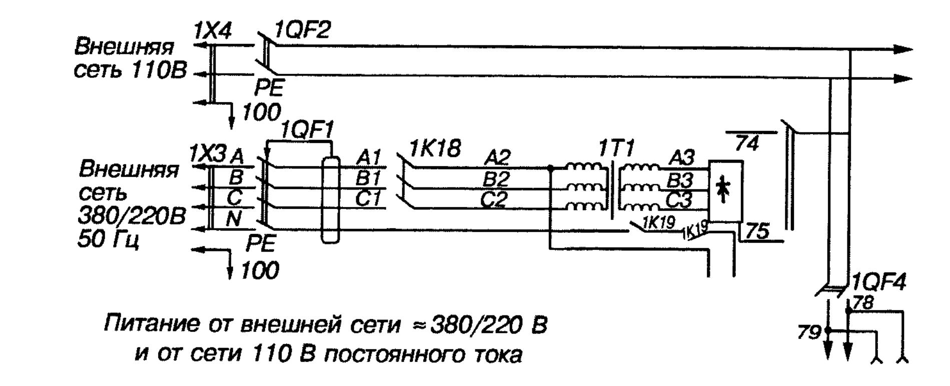


Рис. 2.3. Схема автономного электроснабжения пассажирского вагона от контактного провода напряжением 3 кВ постоянного или переменного тока

Преобразователь статический типа FSU 1.1

Преобразователь (рис. 2.4) служит для преобразования напряжения, поступающего из подвагонной магистрали в напряжение питания потребителей вагона, и включает в себя:

1. *Выпрямитель А12.* Он служит для получения четырех напряжений системы 1,5 кВ постоянного тока, 3 кВ постоянного тока, 1,5 кВ/50 Гц и 1кВ/16 2/3 Гц и состоит из восьми диодов, установленных в столбиках по две штуки и включенных параллельно.

2. *Переключающее и группировочное устройство А11.* Оно состоит из электронного блока управления и электромеханического переключателя (контроллера). Устройство управления распознает имеющееся напряжение системы и соответственно включает переключающее устройство.

При питании от 3 кВ постоянного тока обе части высоковольтного инвертора *А15* включены последовательно. При напряжении 1,5 кВ постоянного тока, 1 кВ/16 2/3 Гц и 1,5 кВ/50 Гц обе части высоковольтного инвертора *А15* подключаются параллельно. При напряжении 3 кВ переменного тока инвертор не нужен, напряжение сразу подается на трансформатор

3. *Два конденсаторных блока А13 и А14.* Они служат фильтрами для обоих инверторов, установленных в блоке *А15*. Оба блока одинаковы и содержат по 32 конденсатора. Емкость каждого блока 1 мкФ. В каждом из конденсаторных блоков имеются узлы *А13-131* и соответственно *А14-131* для контроля напряжения. Если блок контроля напряжения выявляет перенапряжение или пониженное напряжение на одном из конденсаторов фильтра, возникшее вследствии помехи или при отключении напряжения на сборной шине поезда, то немедленно отключается главный контактор *HS*.

4. *Высоковольтный инвертор А15.* Он представляет собой самоуправляемый инвертор. Самоуправление означает, что необходимая для переключения мощность предоставляется конденсатором. Благодаря этому инвертору к первичным обмоткам транс- форматора всегда подаются одинаковые плоскости напряжения-времени о дисковой полярности.

5. *Блок контакторов и предохранителей (А18).* На нем размещаются все контакторы и предохранители, необходимые для управления преобразователем *U1.*

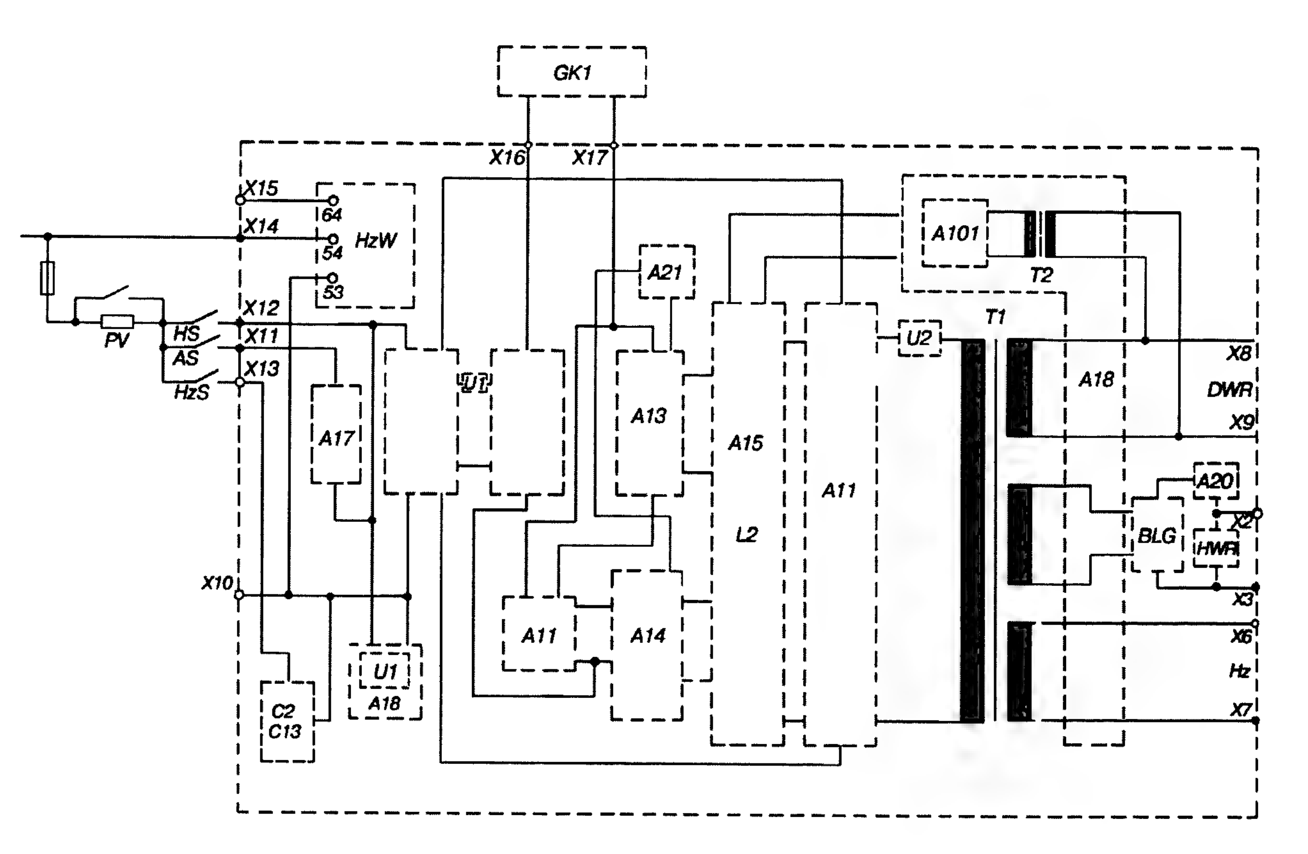


Рис. 2.4. Блок-схема преобразователя FSU 1.1

6. *Блок добавочных сопротивлений.* В нем последовательно соединены четыре сопротивления, которые вместе с дросселем размещены в приборном ящике *GK1*. Они обеспечивают апериодическую зарядку фильтра с демпфированием. Добавочные сопротивления и пусковой контактор с задержкой времени замыкаются накоротко через главный контактор HS.

7. *Главный трансформатор T1.* Главный трансформатор состоит из четырех первичных обмоток и трех вторичных обмоток. Первичное напряжение каждой обмотки 750 В. При помощи переключающего устройства при всех напряжениях по МСЖД (1кВ/16 2/3 Гц, 1,5 кВ/50 Гц, 1,5 кВ и 3 кВ постоянного тока) можно получить различные выходные напряжения (таблица).

8. *Трансформатор T1 для согласования частоты (A18/T1).* Трансформатор *T1* подключен к вторичной обмотке главного трансформатора. Трансформатор понижает напряжение на 1/3.

9. *Устройство выбора высокого напряжения.* Задачей устройства выбора высокого напряжения является автоматическое приведение потребителей высокого напряжения в соответствие с различными напряжениями и видами тока в соотвествующим с переключающим устройством *HzU* и силовыми контакторами. Оно выполняет следующие задачи:

1) опознавание имеющейся системы тока и величины напряжения на сборной шине поезда;

2) управление переключающим устройством и силовыми контакторами в соответствии с имеющейся системой тока;

3) контроль потребителей на правильность группировки и на правильность переключения;

4) блокировка потребителей при превышении максимального напряжения;

5) предотвращение отбора энергии от аккумуляторной батареи вагона при отсутствии высокого напряжения.

Таблица

Напряжение на сборной шине поезда	Номинальное напряжение, *В*		
	DWR	*BLG*	*Hz*
1 кВ/16 2/3 Гц	600	250	214
1,5 кВ/50 Гц	520	241	198,5
3 кВ/50 Гц	577	268	220
1,5 кВ постоянного тока	577	268	221

10. *Преобразователь напряжения A18/U1.* Установлен на панели контакторов и предохранителей. При помощи преобразователя напряжения контролируется входное напряжение преобразователя FSU 1.1.

11. *Дроссель с динамической нагрузкой от перенапряжений A11.* Он установлен под вагоном. При подключении напряжения или при повторном включении после обрыва сборной шины повышающееся напряжение ограничивается при помощи устройства защиты от перенапряжений.

12. *Преобразователи тока U1 и U2.* Оба преобразователя установлены на плите-основании слева от верхнего конденсаторного блока *A13*, на раме корпуса. Преобразователь тока *U1* служит для контроля входного тока FSB 1.1.

Преобразователь тока *U2* служит для контроля входного тока главного трансформатора *T1*. Оба преобразователя в случае превышения предельных значений, как входного тока, так и входного тока главного трансформатора, обеспечивают немедленное отключение главного контактора.

13. *Коммутационный дроссель.* Он является частью высоковольтного инвертора A15.

14. *Релейный узел A2.* Релейный узел установлен на релейной плате. Релейная плата *A21* установлена перед нижним конденсаторным блоком *A14*. На ней смонтированы два пневматических реле и один зажим. Задачей вакуумных реле является параллельное включение коммутационных конденсаторов блоков *A13* и *A14* при наличии группировки 1кВ/16 2/3Гц. Реле *K1* и *K2* включаются каждое одним контактом контактора *K21*.

15. *Дроссель фильтра для зарядки аккумуляторной батареи A20.* В блоке *A20* содержатся дроссель и конденсаторы для сглаживания зарядного тока батареи. Этот блок находится рядом с коммутационным дросселем.

16. *Блок управления A101.* На блоке управления установлены следующие узлы: штепсельная плата оконечного импульсного каскада *A103*; штепсельная плата преобразователя постоянного тока *A302*; штепсельная плата управления / генерации импульсов *A303*; штепсельная плата реле 1 *A304*; штепсельная плата обработки результатов измерений *A305*; штепсельная плата реле с задержкой времени *A306*; штепсельная плата контроля напряжения/тока *A307*; штепсельная плата преобразователя постоянного тока *A308*; штепсельная плата преобразователя постоянного тока *A309*.

17. *Блок управления контакторами.* Помимо блока управления на носителе узлов А 101 на панели установлены все контакторы и реле, служащие для управления процессом, начиная с опознавания вида напряжения сборной шины поезда вплоть до включения главного контактора.

18. *Зарядное устройство батареи BLG 6B (G1).* Оно подключено к первичной обмотке трансформатора *T1.* Блок зарядного устройства осуществляет зарядку батареи в зависимости от температуры воздуха в батарейном ящике. При пониженном напряжении производится регулирование на установленный предельный ток выхода зарядного устройства.

19. *Вспомогательный выпрямитель HWR 110 B фирмы GEZ (G2).* Он служит для питания вентиляционного агрегата в крыше вагона и вентиляторов преобразователя.

20. *Подогрев ящика (E2...E13).* Нагреватели для подогрева ящика подразделяются на четыре группы по три нагревателя, расположенные под нижними покрывающими плитами. Мощность 2,7 кВт при напряжении 3 кВ.

2.3. Система централизованного снабжения от вагона-электростанции

На железных дорогах России эксплуатируются вагоны скоростного поезда «Аврора» с централизованным снабжением от контактной сети 3000 (2200–4500) В, с тиристорными преобразователями.

На вагоне-электростанции установлены два генератора ГСФ-200 по 200 кВт каждый, получающих вращение от синхронных двигателей типа СД-185 (шесть фазных, с датчиком положения ротора, работающих на напряжении 1170 В).

Шестифазное напряжение 1170 В двигатели получают от двух тиристорных преобразователей, смонтированных в высоковольтной камере рядом с ящиком с высоковольтными контакторами, получающими питание от контактного провода. Тиристорные преобразователи получают напряжение питания от высоковольтной подвагонной магистрали 3000 В постоянного или переменного тока. Катушки высоковольтных контакторов получают питание от аккумуляторной батареи. Для подзарядки аккумуля-

торной батареи имеется статический преобразователь мощностью 4 кВт.

Генераторы ГСФ-200 могут работать параллельно на общий распределительный щит ПУА (пульт управления агрегатом), от которого трехфазная электроэнергия напряжением 230/400 В 50 Гц через подвагонную магистраль и через межвагонные соединения 4×380 В подается к пассажирским вагонам. Соединение электростанции с составом (кроме высоковольтной магистрали отопления) производится «пинчами» 4×380 В. На пассажирском вагоне кроме потребителей, питающихся напряжением 220/380 В, имеется аварийное освещение напряжением 50 В, получающие питание от аккумуляторной батареи напряжением 50 В. Батарея на ходу поезда подзаряжается через понижающий трансформатор 220/65 В и выпрямитель. Применение статических тиристорных преобразователей значительно снижает вес электростанции, уменьшает шум и облегчает условия труда обслуживающего персонала (рис. 2.5).

Вагон-электростанция скоростного поезда «Аврора»

Вагон-электростанция предназначен для снабжения поезда электроэнергией, обеспечивающей работу всех потребителей пассажирских вагонов.

Агрегаты вагона-электростанции (рис. 2.6) преобразуют постоянный ток напряжением 3000 В в переменный ток напряжением 380/220 В, что обеспечивает работу как электродвигателей так и бытовых приборов. Соединение пассажирских вагонов с вагоном-электростанцией производится высоковольтными межвагонными соединениями 4×380 В.

Вагон-электростанция состоит из рабочего и нерабочего тамбуров; машинного отделения; высоковольтной камеры; служебно-бытового отделения.

Рабочий тамбур предназначен для входа и выхода из вагона обслуживающей бригады. Над нерабочим тамбуром на крыше вагона расположены вентиляторы охлаждения тиристорных преобразователей.

В машинном отделении находятся: силовые агрегаты, статический преобразователь и зарядное устройство аккумуляторных батарей. Силовые агрегаты типа СД185-4УХЛ2 + ГСФ-200 (СД185-4УХЛ2 — синхронные электродвигатели и ГСФ-200 —

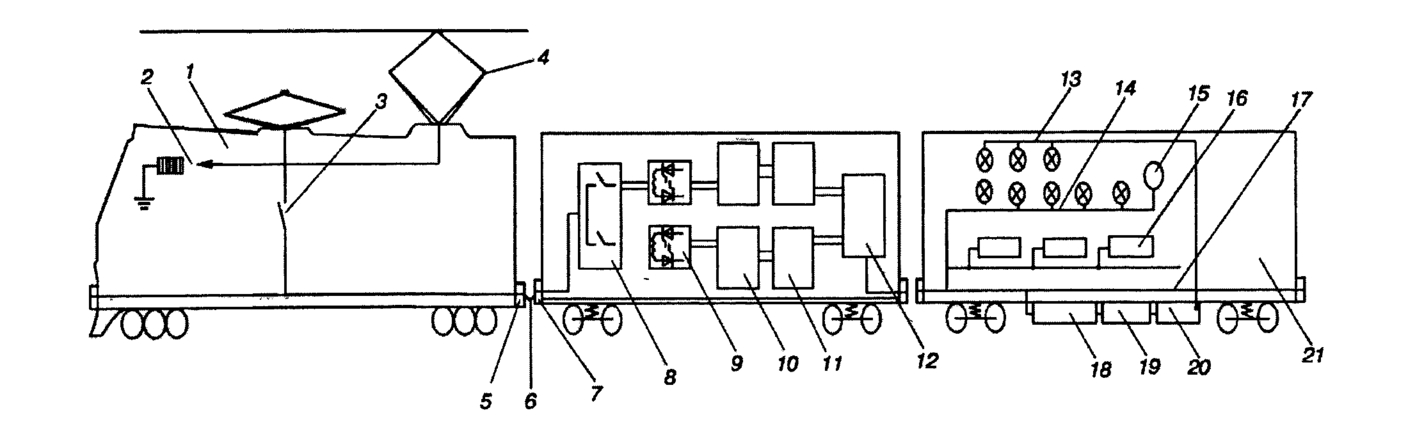


Рис. 2.5. Схема централизованного электроснабжения от контактного провода электровоза через вагон-электростанцию с тиристорными преобразователями, подачей в вагоны высокого и низкого напряжения:

1 — электровоз постоянного тока; *2* — разрядник; *3* — автоматический выключатель; *4* — токоприемник; *5* — розетка; *6* — межвагонное соединение; *7* — контакторный ящик; *8* — тиристорный преобразователь; *9* — тиристорный преобразователь; *10* — синхронный двигатель; 11 — синхронный генератор; *12* — пульт управления; *13* — питание сети аварийного освещения; *14* — сеть освещения; *15* — электродвигатели приводов вентиляторов; *16* — электропечи; *17* — электромагистраль ≈ 380/220 В; *18* — понижающий трансформатор 380/60; *19* — выпрямитель; *20* — аккумуляторная батарея; *21* — пассажирский вагон

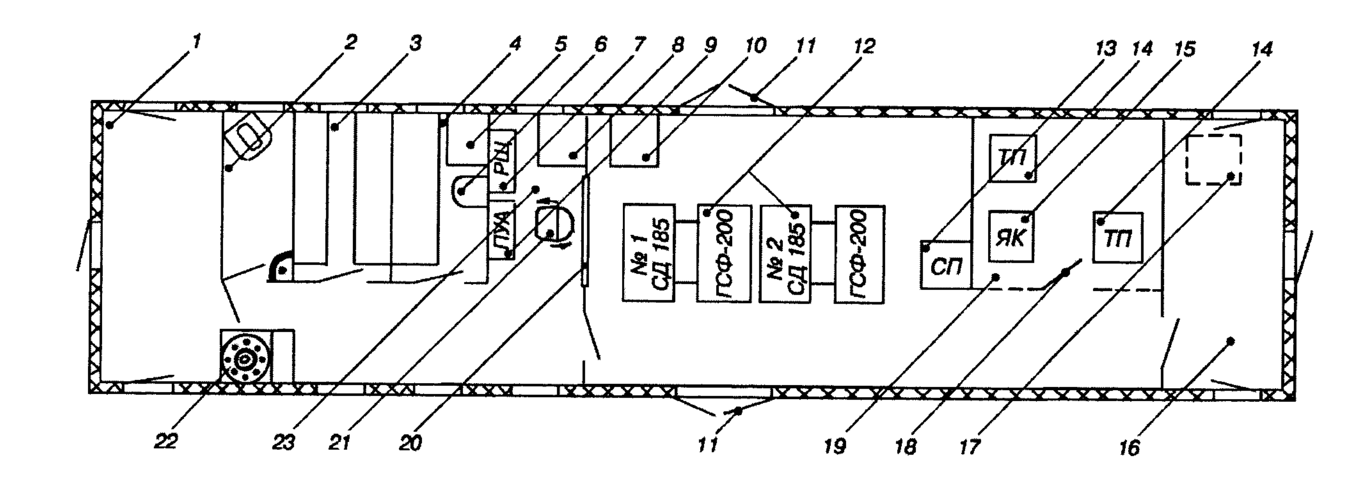


Рис. 2.6. Схема расположения электрооборудования в вагоне-электростанции скоростного поезда «Аврора»:

1 — рабочий тамбур; *2* — туалет с умывальником и душем; *3, 4* — купе для отдыха со спальными местами; *5* — стол; *6* — откидное сиденье; *7* — вагонный распределительный щит; *8* — тумба; *9* — пульт управления агрегатами; *10* — зарядное устройство для аккумуляторных батарей; *11* — остекленные распашные двери; *12* — агрегаты СД 185-4УХЛ2 + ГСФ-200; *13* — статический преобразователь 4 кВт; *14* — тиристорные преобразователи 3000 В/~ 1170 В; *15* — ящик контакторный; *16* — нерабочий тамбур; *17* — вентиляторы охлаждения тиристорных преобразователей (220 В) находятся на крыше; *18* — вход с концевым выключателем; *19* — высоковольтная камера; *20* — окно между служебным купе и машинным отделением; *21* — поворотное кресло; *22* — комбинированный котел отопления и плита приготовления пищи; *23* — служебное купе

генераторы синхронизированной фазы) предназначены для обеспечения пассажирских вагонов током напряжением 380/220 В. Зарядное устройство предназначено для преобразования тока высокого напряжения, в ток напряжения необходимого для зарядки аккумуляторных батарей. Статический преобразователь предназначен для подзарядки аккумуляторных батарей.

В высоковольтной камере находятся тиристорные преобразователи и контакторные ящики. Высоковольтная камера снабжена входом с концевым выключателем, размыкающим цепь управления главными контакторами контакторного ящика. Тиристорные преобразователи предназначены для преобразования тока напряжением 3000 В в переменный ток 1170 В для питания синхронного двигателя СД185. В контакторном ящике расположены главные контакторы, соединяющие силовую цепь вагона-электростанции с подвагонной магистралью и снабженные разделяющими устройствами, которые разъединяют цепь при несоответствии тока рабочим параметрам. Через контакторный ящик на тиристорные преобразователи от контактной сети подается постоянный ток напряжением 3000 В. Тиристорные преобразователи преобразуют его в переменный ток 1170 В. От тиристорных преобразователей по высоковольтной магистрали напряжение подается на СД185, что обеспечивает их вращение. Каждый тиристорный преобразователь работает в паре со своим СД185, т.е. подает напряжение 1170 В именно на него. При вращении СД185 ГСФ-200 вырабатывает ток напряжением 380/220 В для питания электроэнергией вагонов состава.

Служебно-бытовые отделения включают в себя: купе для отдыха обслуживающего персонала, служебное купе с пультом управления агрегатами и вагонным распределительным щитом (ВРЩ), санитарный узел с душем и умывальником, комбинированный котел отопления, плиту приготовления пищи. Существует два варианта вагонов-электростанций пассажирского поезда «Аврора»: в одном из которых СБО имеет одно купе для отдыха обслуживающего персонала, а в другом — два купе. В служебном купе имеется широкое окно для обзора машинного отделения.

Управление работой силовым агрегатом осуществляется ПУА (пультом управления агрегатом), расположенным в служебном купе, а управление электроцепями вагона-электростанции осуществляется с ВРЩ (вагонного распределительного щита) расположенного там же.

2.4. Системы электроснабжения рефрижераторного подвижного состава

Системой электроснабжения называют комплекс оборудования, предназначенный для выработки и распределения электрической энергии к потребителям (приводы холодильных и отопительных установок и вспомогательного оборудования).

Передача электрической энергии осуществляется на постоянном и переменном токе. Постоянный ток целесообразно применять, когда требуется использовать электродвигатель со значительным пусковым вращающим моментом и необходимо регулировать частоту вращения в широком диапазоне. В передаче, работающей на постоянном токе, отсутствуют недостатки, вызываемые коэффициентом мощности cosφ. Однако такая передача требует более сложной конструкции генераторов и электродвигателей. Кроме того, она имеет меньшую надежность работы.

Переменный трехфазный ток рационально применять, когда потребители не требуют больших пусковых моментов и работают при постоянном вращающем моменте и неизменяющейся частоте вращения. Генераторы и электродвигатели, работающие на переменном трехфазном токе, значительно проще по конструкции и имеют более высокую надежность работы.

По условиям работы холодильных установок на подвижном составе с машинным охлаждением целесообразно применять передачу на переменном трехфазном токе. Это объясняется тем, что пуск холодильных установок производят сравнительно редко и не требуют при этом больших пусковых моментов от электродвигателей. В процессе работы частота вращения электродвигателей привода холодильных установок практически должна оставаться неизменной.

Приводы отопительных устройств могут одинаково работать как на переменном, так и на постоянном токе. Для более надежного электроснабжения холодильных установок и отопительных устройств на каждой единице рефрижераторного подвижного состава устанавливают несколько дизель-генераторов, а грузовые вагоны имеют по две холодильно-нагревательные установки.

Схема электроснабжения 5-вагонной секции типа ZB-5 постройки заводов Германии

Источниками электроэнергии на рефрижераторной секции типа ZB-5 являются три дизель-генератора, два из которых являются основными и один вспомогательным. Источником электроэнергии может служить и клеммный щит под вагоном для присоединения к посторонней сети.

Первый, основной дизель-генератор *G1* (рис. 2.7) подключается через главный контактор *Q1* к главной шине генератора 1, через которую по фазе *11RST* питаются холодильно-нагревательные установки вагона № 1 и *Q2*.

Второй, основной дизель-генератор *2G2* подключается через главный контактор *Q2* к главной шине генератора 2, через которую по фазе *13RST* питаются холодильно-нагревательные установки вагонов № 3 и 4.

Третий вспомогательный дизель-генератор *2G3* подключается через главный контактор *Q6* к вспомогательной фазе *14RST*, через которую питаются потребители служебного вагона.

В главном распределительном щите секции имеется контактор *Q3*, с помощью которого возможно соединение фаз *11RST* и *13RST* и питание вагонов № 1–4 от одного или двух дизель-генераторов. Так же в главном распределительном щите есть два контактора *Q4* и *Q5*, с помощью которых возможно питание потребителей, через главные шины генераторов от *2G1* или *2G2*, а также с помощью *Q4* и *Q5* возможно питание вагонов № 1–4 от вспомогательного генератора *2G3*.

Схема электроснабжения 5-вагонной секции ПО БМЗ

На 5-вагонной секции постройки ПО БМЗ (рис. 2.8) источниками электроэнергии являются два генератора *Г1* и *Г2*, каждый из которых питает одну из силовых линий (*1СМ* или *2СМ*), проходящих через все грузовые вагоны № 1–4 к вагон-дизель-электростанции *Д*.

С помощью соединяющих устройств *К1-К4* можно подключать генераторы по нескольким вариантам:

- генератор *Г1* к силовой линии *1СМ*, генератор *Г2* к силовой линии *2СМ*;
- генератор *Г1* к силовой линии *2СМ*, генератор *Г2* к силовой линии *1СМ*;

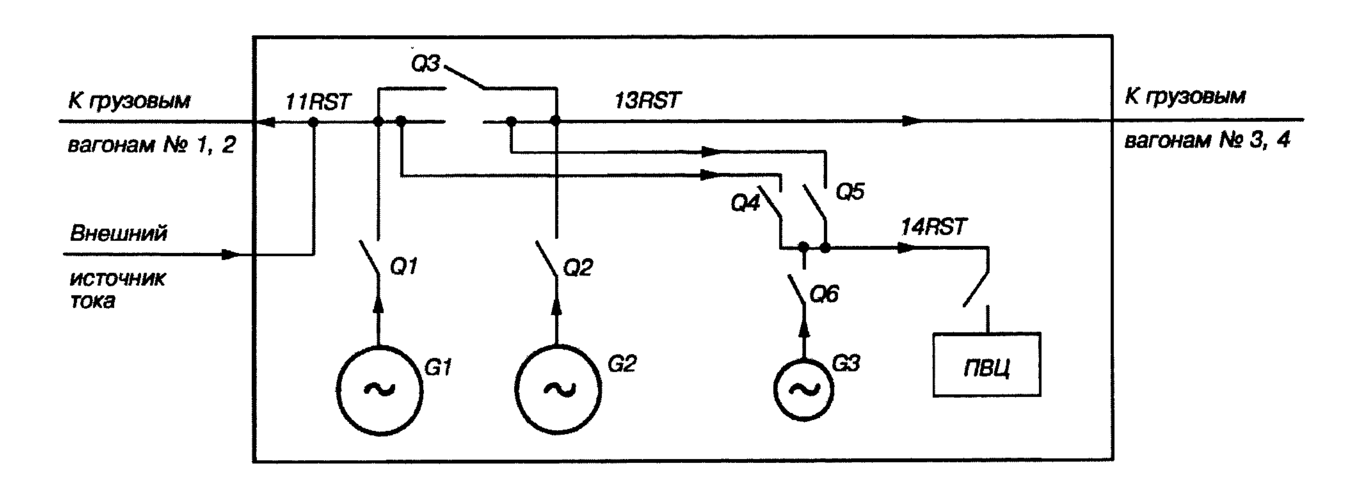


Рис. 2.7. Схема электроснабжения 5-вагонной секции типа ZB-5

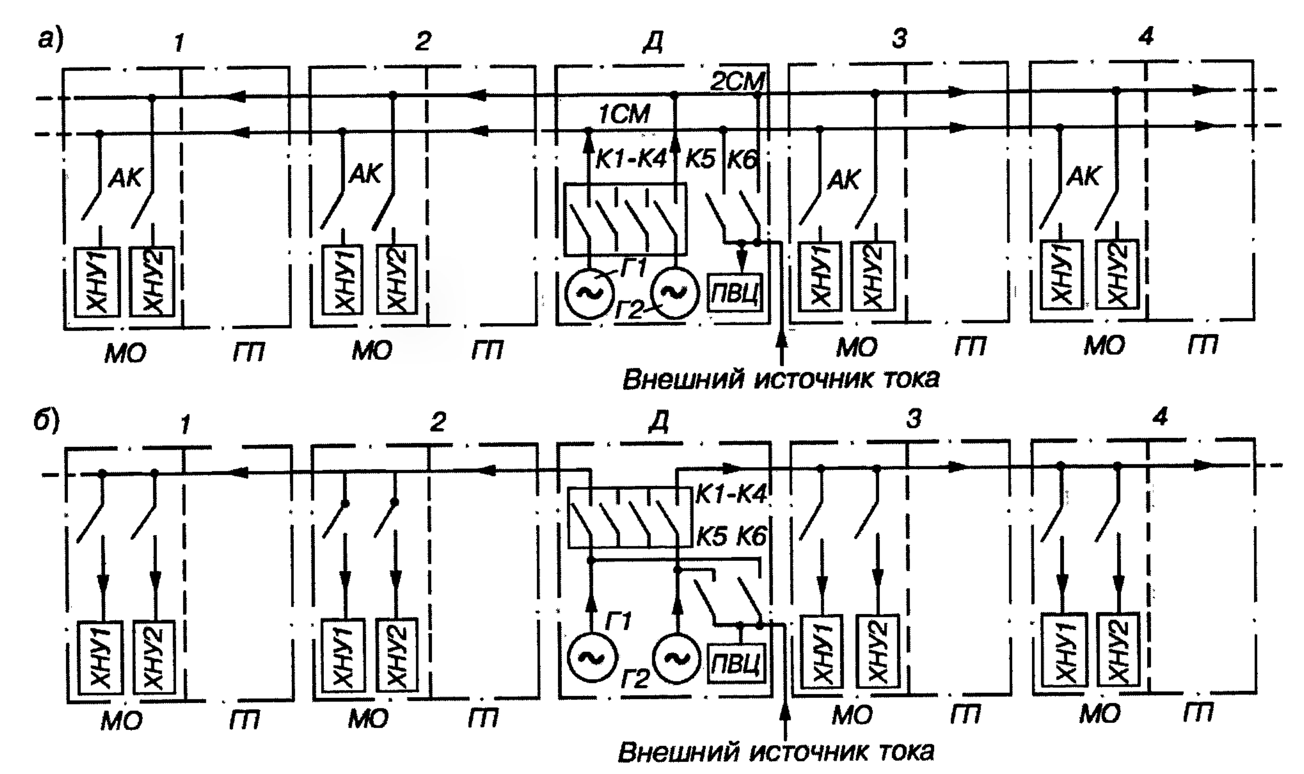


Рис. 2.8. Схема электроснабжения 5-вагонной секции БМЗ с двумя (*а*) и одной (*б*) силовыми линиями

- генератор *Г1* (генератор *Г2*) на обе силовые линии одновременно.

В каждом грузовом вагоне от силовой линии *1СМ* питаются приводы холодильно-нагревательных установок *ХНУ1*, от силовой линии *2СМ* приводы установок *ХНУ2*. В цепи приводов имеются разъединяющие устройства АК. Привод вспомогательных цепей, находящихся в вагоне-дизель-электростанции, питается от одной из силовых линий через устройства *К5* и *К6*. Этот привод может быть подключен к внешнему источнику тока. Основная часть привода холодильно-нагревательных установок находится в машинном отделении *МО*, занимающем часть грузового вагона, в остальной части находится грузовое помещение *ГП*.

Схема с двумя силовыми линиями *1СМ, 2СМ* (рис. 2.8, *а*) позволяет устанавливать вагоны в составе секции в любом порядке. Приводы *ХНУ1* всегда будут питаться током от линии *1СМ*, приводы *ХНУ2* — от линии *2СМ*.

На 5-вагонных секциях БМЗ более ранней постройки в схеме электроснабжения имеется одна силовая линия (рис. 2.8, *б*), разделенная в вагоне-дизель-электростанции *Д* на отдельные части. Грузовые вагоны в таких секциях должны быть установлены по отношению к вагону-дизель-электростанции в строго определенном порядке.



3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ПРИБОРЫ

3.1. Электрические разъединители

Назначение и предъявляемые требования. Параметры разъединителей

Электрические разъединители предназначены для подключения и отключения различных источников и потребителей электроэнергии, а также их защиты при нарушении нормальных режимов работы.

По назначению разъединители делятся на две группы:

аппараты для непосредственного включения, выключения или переключения электрических цепей (различные выключатели, переключатели, рубильники, кнопки). Эти аппараты приводятся в действие непосредственно обслуживающим персоналом (имеют ручной привод) и размещаются, как правило, в служебных помещениях на распределительных щитах и панелях;

аппараты для дистанционного включения, выключения или переключения электрических цепей (контакторы и реле). Эти аппараты имеют электромагнитный привод, т.е. приводятся в действие путем замыкания или размыкания электрической цепи, в которую включены обмотки их электромагнитов, при помощи кнопок, выключателей или защитной аппаратуры. Аппараты этой группы могут быть установлены на значительном расстоянии от служебных помещений, там, где это удобно из условий монтажа соответствующих электрических цепей.

Разъединители должны отличаться высокой прочностью, значительным сроком службы и безотказностью в работе при наименьших: массе, габаритных размерах и удобстве обслужи-

вания. Основными характеристиками разъединителей являются: режим работы, срок службы, коммутационная способность, параметры срабатывания.

Различаются следующие режимы работы:

длительный, когда период работы разъединителя без отключения продолжается не менее времени, необходимого для нагрева всех частей разъединителя до установившейся наибольшей температуры;

кратковременный, когда за время работы (обычно 15, 30 или 60 мин) температура частей подключаемого аппарата успевает достигнуть наибольшего значения, а в период отсутствия нагрузки снижается до температуры окружающей среды;

повторно-кратковременный, когда периоды включения разъединителя чередуются с периодами отключения, а температура нагревания его ступенями приближается к установившемуся наибольшему значению. В этом режиме частота включений значительна. Срок службы разъединителя определяется его способностью выдерживать определенное число включений без разрушения.

Коммутационную способность разъединителя определяют:

предельная разрывная способность — наибольшее значение тока, который разъединитель способен отключить без электрических и механических повреждений;

динамическая устойчивость — наибольший ток, который разъединитель, будучи включенным, выдерживает длительное время, оставаясь в полной исправности;

термическая устойчивость — способность выдерживать кратковременное протекание значительных токов, возникающих при перегрузках.

К параметрам срабатывания относятся:

1. Напряжение втягивания — это напряжение на зажимах катушки разъединителя, при котором начинается и полностью заканчивается втягивание якоря электромагнита. Напряжение втягивания должно быть не более 0,8 $U_{ном}$ ($U_{ном}$ — номинальное напряжение) для аппаратов постоянного тока и 0,4–0,5 $U_{ном}$ для аппаратов переменного тока;
2. Время срабатывания на замыкание, складывающееся из времени движения якоря и времени замыкания контактов, и время срабатывания на размыкание, представляющее собой время отпадания контактов и якоря;

3. Время замыкания для разъединителей с замыкающими контактами — это время от момента замыкания цепи втягивающей катушки до момента первого касания замыкающего контакта, а для разъединителя с размыкающими контактами — время от момента касания размыкающего контакта;
4. Время размыкания для разъединителей с замыкающими главными контактами отсчитывается от момента размыкания цепи втягивающей катушки до момента появления напряжения между размыкающими контактами, а для разъединителей с размыкающими главными контактами — от момента замыкания цепи втягивающей катушки до момента появления напряжения между замыкающими контактами. Время срабатывания аппаратов постоянного тока обычно составляет 0,05–062 с, а аппаратов переменного тока — 0,03–0,05 с.

На рефрижераторном подвижном составе используются различные типы разъединителей. *Автоматические выключатели* служат для подключения синхронных генераторов к главным распределительным щитам и электродвигателей к вспомогательным распределительным щитам. Они допускают срабатывание под нагрузкой и имеют защиту от чрезмерного повышения тока и падения напряжения. *Магнитные пускатели* (контакторы) могут быть с тепловым и максимальным реле или без них; применяются для подключения электродвигателей, электрических цепей, соединения шин генераторов и т.д.; допускают включение под нагрузкой. *Пакетные выключатели* и переключатели используют в основном в цепях, где ток нагрузки сравнительно невелик; допускают выключение под нагрузкой. *Ползунковые и барабанные переключатели* служат для переключения обмоток асинхронных электродвигателей со «звезды» на «треугольник».

Кнопки, кнопочные выключатели и тумблеры применяют, в основном, в цепях управления магнитными пускателями и контакторами, также в различных цепях управления.

3.2. Выключатели

Пакетные выключатели и переключатели отличаются компактностью при значительной разрывной мощности. На рефрижера-

торном подвижном составе применяют пакетные выключатели номинального тока 6, 15, 25, 60 и 100 А при напряжении 380 В.

Пакетный выключатель (рис. 3.1) набирается из нескольких отдельных пластмассовых пакетов *2*, закрытых крышками *4* и *10* и стянутых шпильками *3*. Внутри каждого пакета на оси *9*, но изолированно от нее, находится подвижной контакт *1* (полюс), который может замыкать неподвижные контакты *8*, диаметрально расположенные на одном пакете. Поворот подвижных контактов во всех пакетах происходит одновременно при перемещении рукоятки *6* и ее оси *7* на 90°. Быстрое размыкание контактов обеспечивается пружинно-фиксирующим механизмом *5*, смонтированным в верхней крышке *4*.

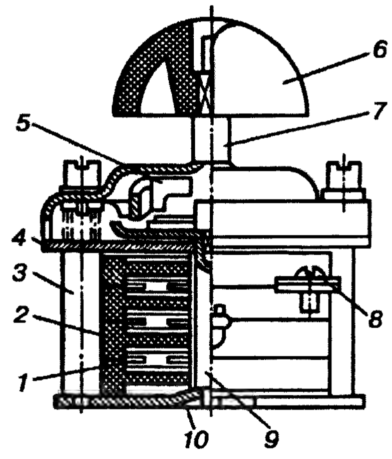


Рис. 3.1. Поворотный выключатель:

1 — подвижной контакт; *2* — пластмассовый пакет; *3* — шпилька; *4* и *10* — крышки; *5* — пружинно-фиксирующий механизм; *6* — рукоятка; *7* — ось; *8* — неподвижные контакты; *9* — ось

В пакетных выключателях применяют скользящие контакты, соприкасающиеся один с другим по плоскости. Пружинно-фиксирующий механизм способствует быстрому разрыву контактов, не зависящему от скорости поворота ручки. Все пакетные выключатели фиксируют подвижные контакты в четырех положениях, сдвинутых на 90°. Каждый пакет выключателя образует отдельную электрическую цепь с двойным разрывом в пакете и может быть включен в схему самостоятельно или в комбинации с другими пакетами.

Пакетные выключатели, предназначенные для пуска трехфазных электродвигателей, имеют два рабочих положения: включено и Выключено. Пакетные переключатели имеют, как правило, три рабочих положения и одно выключенное. Переключатели обычно используют в различных цепях управления и измерения; число пакетов в переключателе может достигать 10–12 шт. Такие переключатели удобны в работе, одним поворотом рукоятки можно собирать сложные схемы.

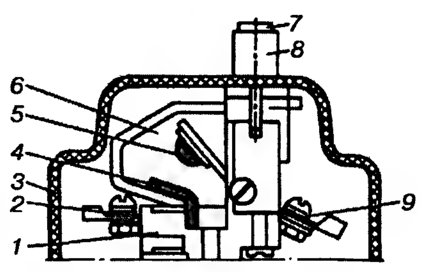


Рис 3.2. Кнопочный выключатель:

1 — основание; *2* и *9* — зажимы; *3* — кожух; *4* — неподвижные контакты; *5* — подвижные контакты; *6* — дугогасительная камера; *7* — кнопка; *8* — пусковая кнопка

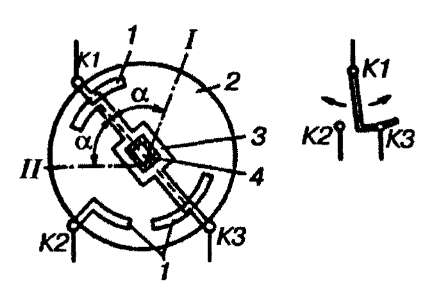


Рис. 3.3. Импульсный выключатель:

1 — неподвижные контакты; *2* — корпус; *3* — подвижные контакты; *4* — ось

Кнопочные выключатели (рис. 3.2) имеют пружину, возвращающую подвижной контакт в исходное положение после нажатия на кнопку выключателя (самовозврат). Контакты выключателей могут быть размыкающими и замыкающими.

Импульсные выключатели. Наряду с кнопочными станциями для управления магнитными пускателями применяются импульсные пакетные переключатели (рис. 3.3), имеющие самовозврат подвижного контакта *3*. Такие переключатели отличаются от обычного конструкцией пружинно-фиксирующего механизма, не позволяющего оси *4* и контакту *3* отклоняться от исходного положения свыше определенного угла α. При повороте подвижного контакта по часовой стрелке до упора (положение *I*) все зажимы переключателя *К1, К2, К3* соединяются между собой через подвижные и находящиеся на корпусе *2* неподвижные *1* контакты. В рабочем положении соединены зажимы *К1* и *К3*, в положении *2* все зажимы разъединены.

Для непосредственного включения потребителей вручную используют трехполюсные кнопочные выключатели. В таких выключателях контакты замыкаются при нажатии на одну кнопку, а размыкаются при нажатии на другую. При нажатии на пусковую кнопку *8* (рис. 3.2) усилие передается подвижным контактам *5*. Они перемещаются и входят в соприкосновение с неподвижными контактами *4* и удерживаются в этом положении

защелкой. Неподвижные контакты с зажимами *2* закреплены на фарфоровом основании *1*, закрытом пластмассовым кожухом *3*. Нажимая на выключающую кнопку *7*, отводят защелку, и подвижные контакты пружиной быстро возвращаются в исходное (разомкнутое) положение. У выключателя имеется дугогасительная камера *6*. Провода к приемнику отводятся от подвижных контактов через зажимы *9* и *2*.

На рефрижераторном подвижном составе применяются также автоматические выключатели, которые включаются только вручную, а выключаться могут вручную и автоматически. Эти выключатели имеют, как правило, максимальные и минимальные расцепители и блок-контакты.

3.3. Коммутационная аппаратура

Электромагнитный коммутационный аппарат состоит из четырех частей: электромагнитного привода; контактной системы; дугогасительного устройства; основания, на котором укреплены эти части.

Электромагнитные приводы

Электромагнитные приводы электрических аппаратов делятся на привод постоянного тока, привод, реагирующий на направление тока, привод с выдержкой времени, привод переменного тока.

Привод постоянного тока. В электромагнитном приводе используется сила притяжения якоря к сердечнику электромагнита или сила втягивания якоря в катушку соленоида. Широкое распространение в электрических аппаратах получил электромагнитный привод с магнитной системой клапанного типа (рис. 3.4). Он состоит из П-образного сердечника с катуш-

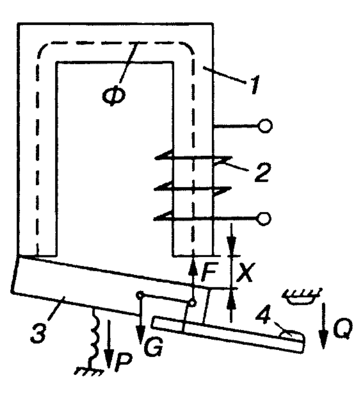


Рис. 3.4. Принципиальная схема электромагнитного привода электрического аппарата:

1 — сердечник; *2* — катушка; *3* — поворотный якорь; *4* — подвижной контакт

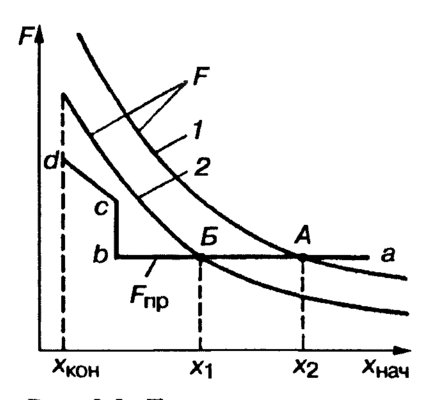


Рис. 3.5. Тяговые характеристики электромагнитного привода электрического аппарата

кой *2* и поворотного якоря *3*, который соединен с подвижным контактом *4* аппарата. Свойства электромагнитного привода характеризуются зависимостью его тягового усилия от положения якоря. Эту зависимость называют тяговой характеристикой привода (рис. 3.5). В рассматриваемом приводе при полностью разомкнутых контактах воздушный зазор x между якорем и сердечником относительно велик и магнитное сопротивление системы будет наибольшим. Поэтому магнитный поток Φ в воздушном зазоре электромагнита и тяговое усилие F будут наименьшими. Однако при правильно рассчитанном приводе оно должно обеспечить притяжение якоря к сердечнику. По мере приближения якоря к сердечнику и уменьшения воздушного зазора магнитный поток в зазоре увеличивается и соответственно возрастает тяговое усилие. Тяговое усилие F, создаваемое приводом, должно быть достаточным для преодоления противодействующего усилия $F_{пр}$, создаваемого в подвижной системе аппарата. Усилие $F_{пр}$ определяется силой P, создаваемой возвратной пружиной, которая для простоты принята постоянной, силой тяжести G подвижной системы и контактным нажатием Q. При движении якоря и уменьшении воздушного зазора x до момента соприкосновения контактов привод должен преодолевать только усилие $F_{пр}$, обусловленное массой подвижной системы и действием возвратной пружины (участок *ab*). Далее это усилие возрастает скачком на величину начального нажатия контактов участков ее и растет по мере дальнейшего их перемещения (участок *cb*). Если ток в катушке привода обеспечивает получение тяговой характеристики *1*, то равновесие сил, действующих на якорь, может быть в точке *А*, и якорь притянется к сердечнику при воздушном зазоре x_2 при меньшем токе в катушке, т. е. при тяговой характеристике *2*, равновесие сил наступает в точке *Б* и якорь может притянуться к сердечнику только при снижении зазора до x_1. При размыкании электрической цепи катушки привода подвиж-

ная система возвращается в исходное положение под действием пружины и силы тяжести. Однако при малых значениях воздушного зазора и противодействующего усилия якорь может удерживаться в притянутом положении остаточным магнитным потоком. Это явление устраняется путем установки между якорем и сердечником немагнитной прокладки, фиксирующей некоторый наименьший воздушный зазор $x_{кон}$, и регулировкой пружины. Электромагнитные приводы аппаратов характеризуются током или напряжением срабатывания и возврата. Током (напряжением) срабатывания называется наименьшее значение тока (напряжения), при котором четко и надежно срабатывает аппарат. Для аппаратов, применяемых в электрооборудовании вагонов, напряжение срабатывания составляет 75% номинального напряжения. Если постепенно плавно снижать ток в катушке, то при определенном его значении аппарат отключится. Наибольшее значение тока (напряжения), при котором аппарат уже отключается, называется током (напряжением) возврата. Ток возврата $I_в$ (напряжение $U_в$) всегда меньше тока срабатывания $I_{ср}$ (напряжения $U_{ср}$), так как при включении подвижной системы аппарата необходимо преодолеть силы трения, а также повышенные воздушные зазоры между якорем и сердечником электромагнитной системы. Отношение тока возврата к току срабатывания называют коэффициентом возврата $к_в = I_в/I_{ср} = U_в/U_{ср}$. Этот коэффициент всегда меньше единицы.

Привод, создающий выдержку времени. Под выдержкой времени понимают время от момента подачи или снятия напряжения с катушки привода аппарата до начала движения контактов. Получение выдержки времени на отключение электрических аппаратов с электромагнитным приводом, управляемым постоянным током, основано на использовании закона Ленца. Для этой цели на магнитопроводе (рис. 3.6, *а*) электромагнита *1*, кроме основной катушки *2*, устанавливают дополнительную короткозамкнутую катушку *4*. При снятии питания с катушки *2* создаваемый ею магнитный поток $Ф$ изменяется от своего рабочего значения до нуля. При этом короткозамкнутой катушке *4* индуктируется ток такого направления, что его магнитный поток $Ф_к$ препятствует уменьшению магнитного потока $Ф$ и удерживает якорь *3* привода в притянутом положении. Вместо короткозамкнутой катушки может быть установлена на магнитопроводе медная гильза, которую можно рассматривать как короткозамкнутую катушку с одним

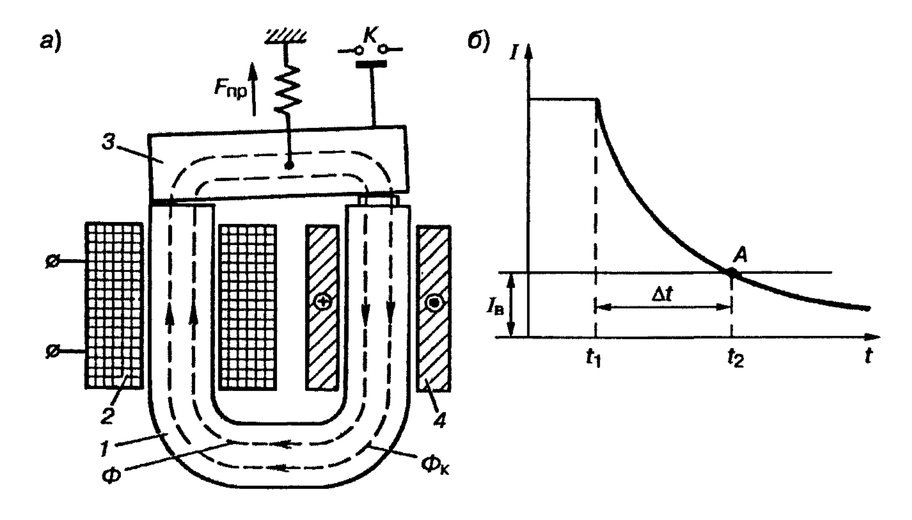


Рис. 3.6. Электромагнитный привод с выдержкой времени (*а*) и график изменения тока в его катушке (*б*)

витком. Этого же эффекта можно достичь при замыкании накоротко цепи катушки *2* в момент отключения ее от сети. Если в некоторый момент времени t_1 (рис. 3.6, *б*) замкнуть накоротко катушку *2*, то ток в ней не уменьшается мгновенно до нуля, так как возникающая в катушке ЭДС самоиндукции препятствует уменьшению тока. В соответствии с этим магнитный поток в сердечнике также будет уменьшаться не мгновенно, а постепенно. Пока ток, протекающий по катушке, способен удержать якорь *3* электромагнита в притянутом положении, контакты аппарата остаются в неизменном положении; когда уменьшающийся ток достигнет значения тока возврата $I_в$ (точка *А*), якорь отпадет и контакты переключатся в новое положение. Время *t*, прошедшее от момента t_1 отключения катушки привода до момента t_2 его срабатывания, составляет выдержку времени, которое тем больше, чем больше постоянная времени катушки $T = L_к/r_к$, где $L_к$ — индуктивность катушки; $r_к$ — активное сопротивление ее цепи. Кроме того, выдержка зависит от тока возврата аппарата, т.е. натяжения противодействующей пружины, наименьшего зазора $x_{кон}$ (толщины немагнитной прокладки) и других факторов, определяющих этот ток.

Электромагнитные аппараты могут осуществлять выдержку времени при отпускании якоря (отключении привода) от 0,15 до 10 с. Регулировать время выдержки можно изменением толщины немагнитной прокладки (грубое регулирование) или изменением натяжения пружины (точное регулирование). Для получения выдержки времени на включение электрического аппарата используют различные механические механизмы, принцип действия которых аналогичен часовому механизму.

Привод, реагирующий на направление тока. Для того чтобы привод аппарата мог реагировать на направление управляющего сигнала (тока в катушке), в его магнитную систему включают постоянный магнит (рис. 3.7, *а*). Такие аппараты называют *поляризованными*. Если магнитный поток $Ф_м$ постоянного магнита направлен согласно потоку $Ф$, создаваемому током в катушке, то время срабатывания аппарата будет значительно меньше, чем без магнита. Из-за наличия постоянного магнита характеристика *2* (рис. 3.7, *б*), показывающая возрастание тягового усилия во времени, располагается значительно выше, чем характеристика *1* для привода без магнита (на значение тягового усилия $F_м$, создаваемого магнитом). Поэтому равенство $F = F_{пр}$ достигается в нем в момент времени t_2, в то время как в приводе без магнита в момент t_1, т.е. быстродействие реле возрастает. Ток же трогания реле уменьшается, так как для срабатывания реле его катушка должна создавать меньший поток $Ф$ (тяговое усилие создается совместным действием потоков $Ф$ и $Ф_м$). При изменении направления тока в катушке реле поток $Ф$ будет направлен против $Ф_м$ и реле не сработает.

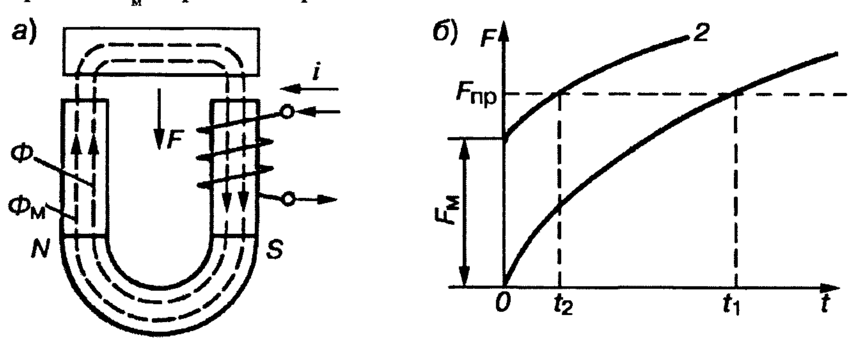


Рис. 3.7. Электромагнитный привод, реагирующий на направление тока (*а*), график изменения его тягового усилия от времени (*б*)

Привод переменного тока. В электромагнитах переменного тока (рис. 3.8, *а*) для уменьшения потерь от вихревых токов магнитопроводы изготавливают из листов электротехнической стали, изолированных друг от друга. Катушка электромагнита обладает как активным $R_к$, так и индуктивным $X_к$ сопротивлениями (рис. 3.8, *б*). Поэтому при неизменном напряжении на катушке ток в ней зависит от величины воздушного зазора (в электромагните постоянного тока при установившемся режиме ток не зависит от зазора), что обусловлено изменением индуктивности катушки. При подаче напряжения на катушку через

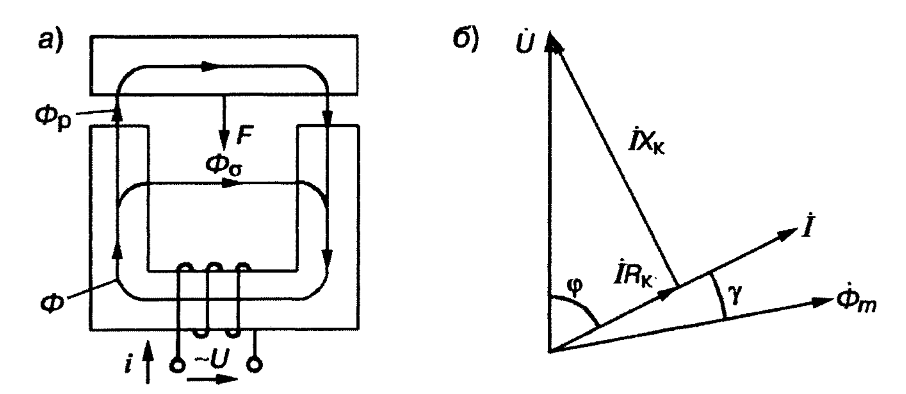


Рис. 3.8. Электромагнитный привод переменного тока (*а*) и его векторная диаграмма (*б*)

нее протекает значительный пусковой ток $I_{пуск}$ (рис. 3.9, *а*) из-за большого начального зазора $x_{нач}$. При движении якоря воздушный зазор уменьшается, индуктивность катушки возрастает, и ток в ней снижается, в притянутом состоянии якоря по катушке протекает ток $I_{кон}$ в несколько раз меньше пускового. Магнитный поток Φ, создаваемый катушкой электромагнита, практически мало зависит от воздушного зазора. Однако рабочий поток в воздушном зазоре электромагнита $\Phi_р$ (см. рис. 3.8, *а*) увеличивается при уменьшении зазора, так как чем он меньше, тем меньшая часть потока катушки ответвляется в виде потока рассеяния Φ_σ. Кроме того, при больших воздушных зазорах индуктивное сопротивление катушки может оказаться малым по сравнению с ее активным сопротивлением и тогда ток будет

мало зависеть от зазора. По этим причинам магнитный поток и тяговое усилие в электромагнитах переменного тока (среднее его значение за период) увеличиваются при уменьшении зазора x (см. рис. 3.9, *а*), однако в меньшей степени, чем в электромагнитах постоянного тока. В результате этого ток (напряжение) возврата у электромагнитных приводов переменного тока значительно выше, чем у приводов постоянного тока. При синусоидальном изменении тока i в катушке электромагнита магнитный поток Φ изменяется синусоидально, но из-за магнитных потерь в магнитопроводе отстает от i на угол γ. Тяговое же усилие F изменяется с двойной частотой (рис. 3.9, *б*) и становится равным нулю при переходе потока через нуль. Это приводит к вибрации якоря под действием противодействующего усилия $F_{пр}$. В интервалы времени, когда $F < F_{пр}$, якорь отходит от сердечника, а затем, когда $F > F_{пр}$, он притягивается к нему. При вибрации якоря создается большой шум, а прилегающие к якорю части сердечника расплющиваются, вследствие чего возрастает воздушный зазор и увеличивается ток, что приводит к перегреву катушки. Для уменьшения вибрации якоря *3* один или два полюса сердечника *1* расщепляют на две части и вокруг одной из них размещают экранирующий короткозамкнутый виток *2*, выполненный из медного или латунного провода. Магнитный поток Φ, создаваемый током катушки электромагнита, индуктирует в экранирующем витке ток, сдвинутый по фазе на некото-

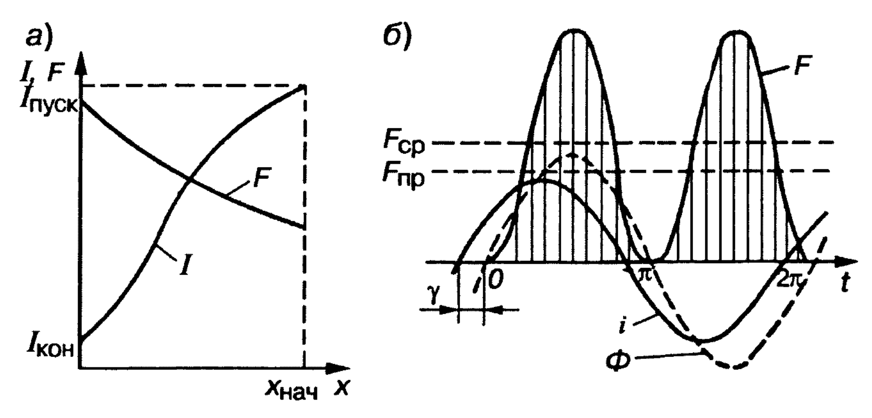


Рис. 3.9. Характеристики электромагнитного привода переменного тока (*а*) и изменение тока, потока и тягового усилия во времени (*б*)

рый угол по отношению к току катушки. Ток в короткозамкнутом витке создает свой поток $\Phi_к$, замыкающийся через обе части расщепленного полюса. Поэтому результирующие потоки Φ_1 и Φ_2, проходящие через эти части, и создаваемые ими тяговые усилия F_1 и F_2 (рис. 3.10, *б*), будут сдвинуты по фазе друг от друга на некоторый угол, а суммарное тяговое усилие F не будет уменьшаться до нуля, а только до некоторого значения F_0. Если выполнить электромагнит так, чтобы $F_0 > F_{пр}$, то якорь не будет вибрировать.

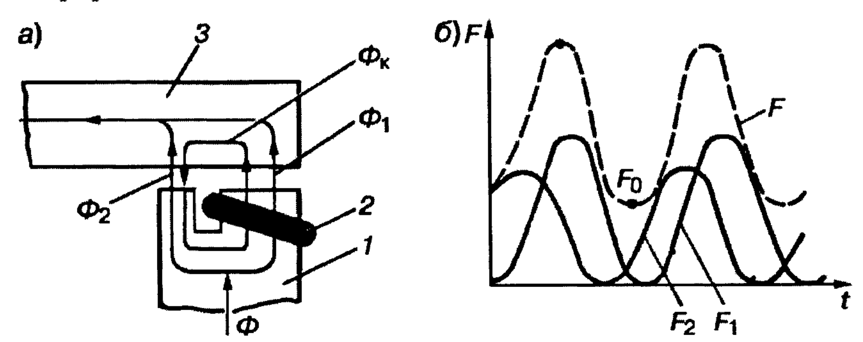


Рис. 3.10. Электромагнитный привод с короткозамкнутым витком на полюсе сердечника (*а*) и график изменения тяговых усилий (*б*):

1 — сердечник; *2* — короткозамкнутый виток; *3* — якорь

Контактная система электрических аппаратов

Условия работы контактов. Контактная система электрического аппарата состоит в большинстве случаев из пары или нескольких пар подвижных и неподвижных контактов, при замыкании которых образуется электрическая цепь. Материал контакта должен обладать высокой механической прочностью, хорошей электропроводностью, термостойкостью и антикоррозийностью. Широкое распространение получили контакты из меди и ее сплавов (латунь, бронза). При длительной непрерывной работе во избежание окисления в некоторых аппаратах медные контакты покрывают слоем олова или выполняют с серебряными накладками. Алюминий и сталь применяются главным образом для неподвижных контактных соединений. Для защиты от коррозии алюминиевые контакты иногда оцинковывают, а стальные покрывают слоем кадмия. В зависимости от

характера соприкосновения элементов контактного соединения контакты подразделяют на точечные, линейные и поверхностные (плоскостные). Полное сопротивление контактного соединения в основном определяется переходным сопротивлением в месте соприкосновения контактов. При соприкосновении двух контактных поверхностей *1* и *2* (рис. 3.11, *а*) электрическое соединение происходит не по всей поверхности, а по точкам соприкосновения, которые образуются из-за неточной обработки поверхностей и износа в результате воздействия электрической дуги. На контактной поверхности располагаются также различные пленки (окисные, сульфидные и др.), образующиеся в результате взаимодействия материала контактов с кислородом воздуха и другими химическими реагентами. Окисные пленки большинства металлов не проводят электрический ток и резко повышают переходное сопротивление.

При нажатии контактов силой Q происходит частичное смятие материала контакта и продавливание пленок в точках соприкосновения; при этом возрастает площадь реального соединения и уменьшается переходное сопротивления $R_п$ (рис. 3.11, *б*). На контакты электрических аппаратов в моменты их включения и отключения действуют электродинамические и механические силы, которые влияют на переходное сопротивление и приводят к механическому износу контактов. В первый момент включения аппарата, когда на контактные поверхности еще полностью не действует сила нажатия, соприкосновение происходит по отдельным точкам, через которые проходит весь ток i (рис. 3.12, *а*). При этом линии тока в месте контактного перехода искривляют

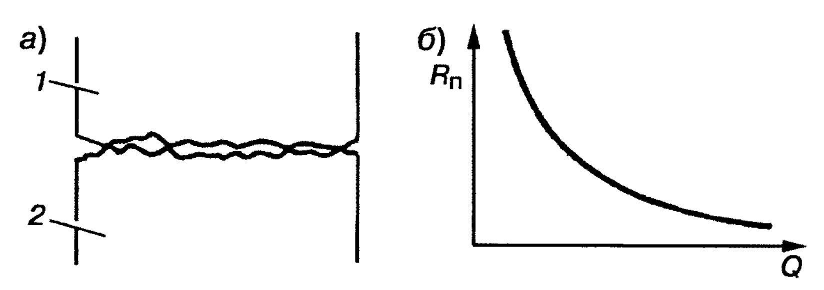


Рис. 3.11. Соединение двух контактов (*а*) и зависимости изменения переходного сопротивления от контактного нажатия (*б*):

1, 2 — контактные поверхности

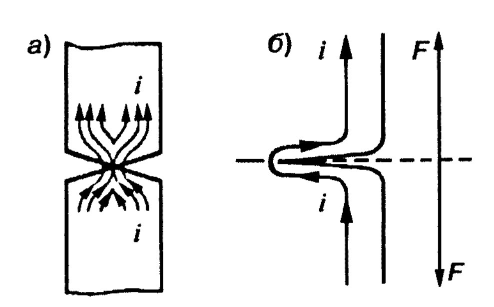


Рис. 3.12. Схема линий тока (*а*) и направление электродинамических сил при включении контактов (*б*)

ся, располагаются параллельно и имеют в нижнем и верхнем контактных элементах противоположное направление (рис. 3.12, *б*). Магнитные поля этих токов, взаимодействуя между собой, создают электродинамические усилия взаимного отталкивания *F*, которые стремятся разомкнуть контакты и вызывают их вибрацию. Кроме электродинамических усилий, отталкиванию контактов способствуют механические силы, возникающие в момент упругого удара одного контакта о другой. В результате под действием сил нажатия и инерции происходит вибрация контактных элементов, что приводит к расплющиванию и механическому разрушению контактов. В момент размыкания контактов между ними образуется электрическая дуга, вызывающая электрический износ контактов (их выгорание и эрозию). Механический и электрический износы контактов в основном определяют срок службы аппаратов (выражаемый числом его срабатываний) и наибольшую частоту его включений.

Контактные системы аппаратов. В аппаратах, рассчитанных на значительные токи и большое число включений (выключатели, контакторы, контроллеры), применяют конструкции контактов с перекатывающимися поверхностями, для чего этим поверхностям придается выпуклая форма. Для уменьшения переходного сопротивления необходимо, чтобы в процессе включения и отключения наряду с перекатыванием контактов происходило их скольжение друг по другу для зачистки контактных поверхностей от окисной пленки, нагара и загрязнений. Для этого подвижной контакт *1* (рис. 3.13) монтируют на контактном рычаге *4*, связанном с якорем электромагнита не жестко, а с помощью шарнирной связи и между держателем *3* контакта и рычагом *4* устанавливают контактную пружину *2*. Она смягчает удары при включении контактов и преодолевает возникающие между ними электродинамические усилия, которые могли бы привести к их вибрации. В начальном положении аппарата

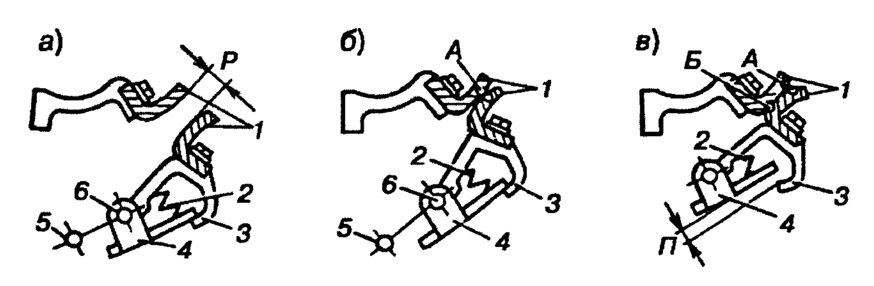


Рис. 3.13. Схема замыкания контактов в аппаратах с перекатывающимися контактами:

1 — подвижной контакт; *2* — контактная пружина; *3* — держатель; *4* — контактный рычаг; *5* — ось

между контактами имеется зазор *Р* (рис. 3.13, *а*). При перемещении якоря контактный рычаг *4* с держателем *3* поворачивается вокруг оси *5*, вследствие чего контакты соприкасаются друг с другом точками *А* (рис. 3.13, *б*). При дальнейшем движении якоря контактный рычаг продолжает поворачиваться, контактная пружина *2* сжимается, увеличивая нажатие на контакты, и подвижной контакт перекатывается по неподвижному. После окончания процесса включения контакты соприкасаются друг с другом точками *Б* (рис. 3.13, *в*). При отключении аппарата процесс размыкания контактов происходит в обратном порядке, следовательно, перед началом размыкания контакты соприкасаются точками *А* и при дальнейшем их расхождении между этими точками образуется дуга.

Соприкосновение контактов *1* и замыкание цепи при включении аппарата с электромагнитным приводом возникают раньше, чем якорь его электромагнита полностью притянется к сердечнику. В дальнейшем по мере движения якоря подвижной контакт будет как бы проваливаться, упираясь своей верхней частью в неподвижный контакт и поворачиваясь на некоторый угол вокруг оси *6*, сжимая контактную пружину *2*. В результате образуется провал контактов (смещение подвижного контакта на уровне точки его касания с неподвижным контактом в случае, если неподвижный будет удален) *3*. Провал контактов обеспечивает надежное замыкание цепи, когда толщина контактов уменьшается вследствие их износа в процессе эксплуатации.

В аппаратах с Г- и Т-образными контактами о провале судят по изменению зазора *П* между подвижным контактом *1* и его упором. Провал контактов *П* определяют по изменению зазора между подвижным контактом и его упором во включенном положении контактов. Раствор контактов измеряют при разомкнутом положении контактов в самом узком месте между ними, обычно оно составляет 1–20 мм. Нажатие контактов создается предварительным натяжением контактной пружины *2*. Она снижает переходное сопротивление контактов во включенном состоянии, предотвращая их перегрев проходящим током, смягчает удары при включении контактов и снижает их вибрации, что предохраняет контакты от приваривания при включении электрической цепи.

В аппаратах, рассчитанных на небольшие токи, применяют точечные контакты мостикового типа (рис. 3.14). Контактный мостик *2* с припаянными к нему контактами и контактной пружиной *3* устанавливают на подвижной части аппарата. При включении такой мостиковый контакт замыкает неподвижные контакты *1*, создавая между ними электрическую цепь. Раствор контактов *Р* в этих аппаратах определяется расстоянием между ними при отключенном положении контактов (можно определить с помощью шаблона); провал *П* определяется в замкнутом положении контактов по перемещению поводка *4*, на котором укреплен контактный мостик, от начала соприкосновения контактов до положения, соответствующего их полному включению.

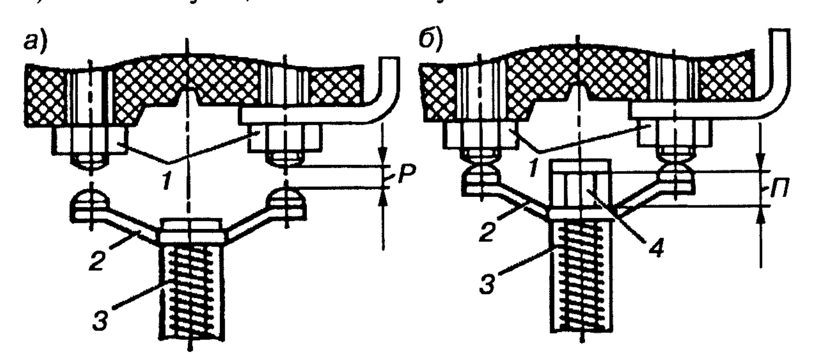


Рис. 3.14. Точечные контакты мостикового типа:

1 — неподвижные контакты; *2* — контактный мостик; *3* — контактная пружина; *4* — поводок

В аппаратах барабанного типа — контроллерах часто используют пальцевые контакты (рис. 3.15, *а*). Неподвижный контакт *2* (палец) прижимается к вращающемуся на оси *4* барабану пружиной *1*. Подвижные контакты *3, 5, 6* укреплены на барабане в виде полос или сегментов, обычно выполненных из меди. В зависимости от тока параллельно может устанавливаться несколько пальцев. В различных разъединителях, плавких предохранителях применяют рубящие контакты (рис. 3.15, *б*), состоящие из плоского медного или латунного ножа *7* (подвижного контакта) и неподвижного контакта *8* в виде стоек из упругого металла. При больших токах стойки усиливаются дополнительными стальными пружинами *9*.

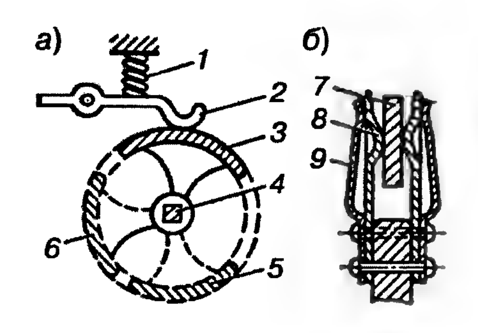


Рис. 3.15. Пальцевые (*а*) и рубящие (*б*) контакты:

1 — пружина; *2* — неподвижный контакт (палец); *3, 5, 6* — подвижные контакты; *4* — ось; *7* — латунный нож; *8* — неподвижный контакт; *9* — пружина

Дугогасительные устройства электрических аппаратов

Условия гашения электрической дуги. При размыкании контактов электрического аппарата, осуществляющего отключение электрической цепи в нормальном или аварийном режиме, возникает электрическая дуга. Для ионизации пространства между контактами и возникновения дуги необходимо, чтобы напряжение между ними было не менее 15–30 В и ток в цепи был не менее 80–100 мА. Для гашения дуги при постоянном токе необходимо, чтобы падение напряжения в дуге было больше приложенного к ней напряжения.

Основным средством повышения падения напряжения в дуге является увеличение длины дуги. При размыкании цепей низкого напряжения со сравнительно небольшими токами гашение обеспечивается соответствующим выбором раствора контактов, между которыми возникает дуга. В этом случае дуга гаснет без каких-либо дополнительных устройств. Для контактов, разры-

вающих силовые цепи, необходимая для гашения длина дуги настолько велика, что практически осуществить такой раствор контактов невозможно. В таких электрических аппаратах устанавливают специальные дугогасительные устройства. При горении дуги переменного тока условия ее гашения оказываются значительно более легкими, так как ток в определенные моменты времени проходит через нулевые значения.

Процесс деионизации пространства между контактами не заканчивается к моменту перехода тока через первое нулевое значение, вследствие чего дуга снова зажигается. Окончательное гашение дуги происходит только после ряда повторных зажиганий во время одного из последующих переходов тока через нулевое значение.

Способы гашения дуги могут быть различные, но все они основываются на следующих принципах: принудительное удлинение дуги; охлаждение межконтактного промежутка воздухом или газом; разделением дуги на ряд отдельных дуг. При удлинении дуги и удалении ее от контактов происходит увеличение падения напряжения в столбе дуги и напряжение, приложенное к контактам, становится недостаточным для поддержания дуги.

Охлаждение межконтактного промежутка вызывает повышенную теплоотдачу столба дуги в окружающее пространство, вследствие чего ионизированные частицы, перемещаясь из внутренней части дуги на ее поверхность, ускоряют процесс деионизации. Разделение дуги на ряд отдельных коротких дуг приводит к повышению суммарного падения напряжения в них и приложенное к контактам напряжение становится недостаточным для устойчивого поддержания дуги, поэтому происходит ее гашение.

Дугогасительные устройства. Принцип гашения путем удлинения дуги используется в аппаратах с защитными рогами и в разъединителях. Электрическая дуга *5* (рис. 3.16, *а*), возникающая между контактами *1* и *2* при их размыкании, поднимается вверх под действием усилия $F_в$, создаваемого потоком нагретого ею воздуха, растягивается и удлиняется на расходящихся неподвижных рогах *3* и *4*, что приводит к ее гашению.

Удлинению и гашению дуги способствует также электродинамическое усилие $F_э$, создаваемое в результате взаимодействия тока дуги с возникающим вокруг нее магнитным полем. В этом случае дуга является проводником с током, находящимся в маг-

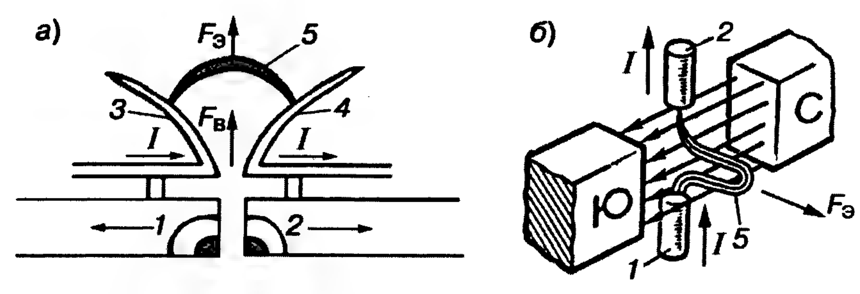
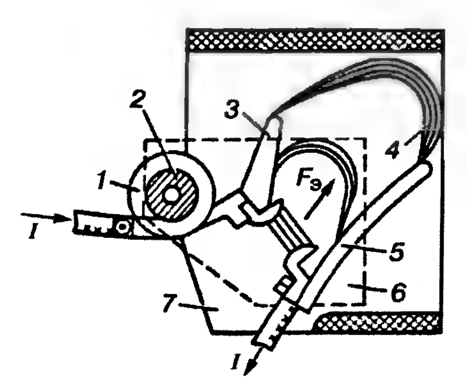


Рис. 3.16. Устройства для удлинения дуги:

1, *2* — контакты; *3*, *4* — неподвижные рога

нитном поле (рис. 3.16, *б*), которое стремится вытолкнуть его из пределов поля. Для увеличения электродинамического усилия $F_э$, действующего на дугу, в цепь одного из контактов в ряде случаев включают специальную дугогасительную катушку с ферромагнитным магнитопроводом (рис. 3.17), создающую в зоне дугообразования сильное магнитное поле, магнитный поток которого Φ, взаимодействуя с током I дуги, обеспечивает интенсивное выдувание дуги. Быстрое перемещение дуги вызывает ее интенсивное охлаждение, что также способствует ее деионизации и гашению. Для охлаждения электрической дуги с последующим ее гашением служат различные дугогасительные камеры.



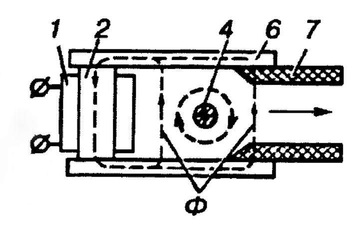


Рис. 3.17. Дугогасительное устройство с магнитным дутьем:

1 — дугогасительная катушка; *2* — сердечник; *3*, *5* — дугогасительные рога; *4* — электрическая дуга; *6* — полюсы; *7* — дугогасительная камера

Электрическая дуга *2* (рис. 3.18, *а*) под действием магнитного поля и потока воздуха попадает в узкие щели или лабиринт камеры *1*, где она соприкасается с ее стенками и перегородками *3* (рис. 3.18, *б*), отдает им тепло и гаснет. Широкое применение в электрических аппаратах находят лабиринтно-щелевые камеры (рис. 3.18, *в*), где дуга удлиняется не только путем растягивания между контактами, но и вследствие ее зигзагообразного искривления между перегородками камеры. К дугогасительным

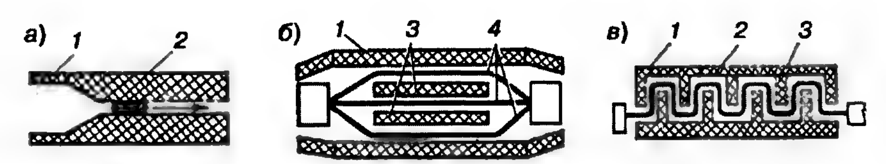


Рис. 3.18. Конструкции дугогасительных камер:

1 — камера; *2* — дуга; *3* — перегородки

устройствам, действие которых основано на разделении дуги на ряд коротких дуг, относят деионную решетку *2* (рис. 3.19, *а*), встроенную внутрь дугогасительной камеры *1*. Деионная решетка состоит из ряда отдельных пластин, изолированных друг от друга. Электрическая дуга *4*, возникшая между размыкающимися контактами *3* и *5* (рис. 3.19, *б*), разделяется решеткой на ряд более коротких дуг, соединенных последовательно. Для поддержания горения дуги без ее разделения требуется напряжение U, равное сумме околоэлектродного (анодного и катодного) падения напряжения $U_э$ и падения напряжения в столбе дуги $U_{ст}$. При

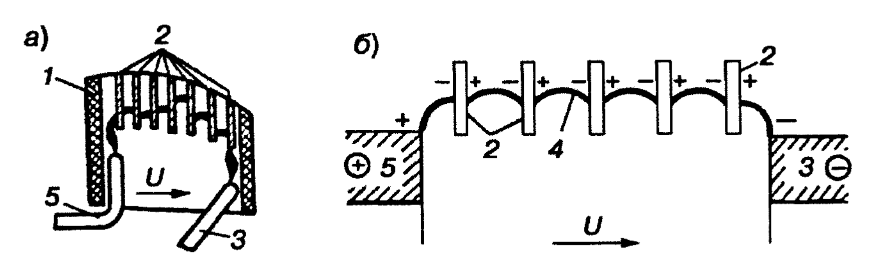


Рис. 3.19. Дугогасительное устройство с деионной решеткой:

1 — камера; *2* — деионная решетка; *3*, *5* — контакты; *4* — дуга

разделении одной дуги на n коротких дуг суммарное падение напряжения в столбе всех коротких дуг по-прежнему будет равно $U_{ст}$, как и у одной общей дуги, но суммарное околоэлектродное падение напряжения во всех дугах будет равно $nU_{э}$. Поэтому для поддержания горения дуги в этом случае потребуется напряжение $U = U_{ст} + nU_{э}$. Число дуг n, равное числу пластин решетки, может быть выбрано таким, чтобы возможность устойчивого горения дуги при данном напряжении была полностью исключена. При переходе переменного тока через нулевое значение для поддержания дуги требуется напряжение 150–250 В. В связи с этим число пластин может быть выбрано значительно меньшим, чем при постоянном токе. Условия гашения электрической дуги определяют отключающую способность защитных аппаратов. Она характеризуется наибольшим током, который может отключить аппарат с определенным временем гашения дуги.

3.4. Контакторы

Контактором называют управляемый на расстоянии выключатель, предназначенный для замыкания и размыкания под нагрузкой электрических цепей. На пассажирских вагонах применяют электромагнитные контакторы, которые приводят в действие с помощью электромагнита. В зависимости от рода тока различают контакторы постоянного и переменного тока. Контакторы постоянного тока выполняют однополюсными и двухполюсными; контакторы переменного тока — двух- и трехполюсными.

Контакторы постоянного тока. При большой частоте коммутационных переключений и относительно больших токах (десятки и сотни ампер) применяют контакторы **с якорем поворотного типа** (рис. 3.20, *а*). При подаче напряжения на катушку *10* привода якорь *8* поворачивается и замыкает (или размыкает) главные контакты *2* и *5* и блокировочные контакты. При размыкании цепи катушки возвратная пружина *9* оттягивает якорь сердечника, что приводит к размыканию (или замыканию) главных и блокировочных контактов. Ток к подвижному контакту подводится по гибкому проводнику *6* в обход шарнирных соединений контактной системы. Требуемое контактное нажатие осуществляется контактной пружиной *7*.

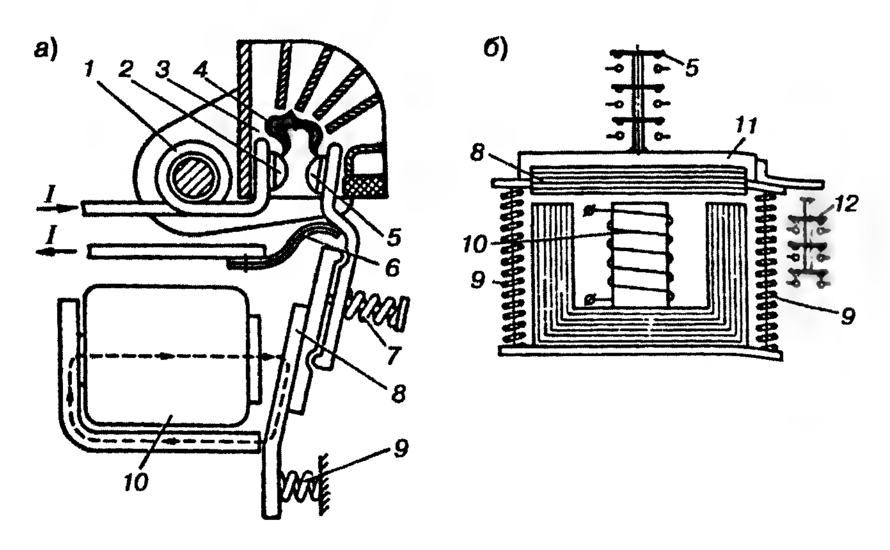


Рис. 3.20. Конструктивные схемы контакторов постоянного тока:

1 — дугогасительная катушка; *2, 5* — главные контакты; *3* — дугогасительная камера; *4* — дуга; *6* — гибкий провод; *7* — контактная пружина; *8* — якорь; *9* — возвратная пружина; *10* — катушка; *11* — траверса; *12* —вспомогательные контакты

Контакторы могут выполняться с замыкающими или размыкающими контактами. Нормальным положением контактов считается положение их при отсутствии тока в катушке привода контактора. Главные контакты контактора переключают силовые электрические цепи электродвигателей, преобразователей, электропечей и пр.; блокировочные предназначены для переключения цепей управления. Для ускорения гашения дуги *4*, возникающей при размыкании главных контактов, контакторы снабжаются дугогасительным устройством, состоящим из дугогасительной катушки *1* и дугогасительной камеры *3*. В контакторах, которые размыкают электрическую цепь практически в обесточенном состоянии, дугогасительное устройство не устанавливают.

Для повышения надежности работы контакторов их снабжают сильной пружиной *9*, с помощью которой происходит резкое отключение контактов.

В контакторах, разрывающих токи свыше 10–15 А, применяют контактную систему с перекатывающимися контактами

(см. рис. 3.13.). Для коммутации электрических цепей при сравнительно малых токах применяют контакторы с прямолинейным движением якоря (**прямоходового типа**). Такой контактор (рис. 3.20, *б*) обычно имеет мостиковые силовые *5* и вспомогательные *12* контакты. При подаче напряжения на катушку *10* его привода якорь *8* притягивается к сердечнику и перемещает вниз траверсу *11*. При этом происходят необходимые переключения главных и вспомогательных контактов. При снятии напряжения с катушки пружины *9* отжимают траверсу *11* вверх и контакты переключаются в первоначальное положение. Контакторы постоянного тока устанавливают на вагонах с системой автономного электроснабжения, а также в поездах, имеющих устройства высоковольтного электрического отопления. В последнем случае применяют высоковольтные контакторы, катушки которых рассчитаны для питания постоянным током от системы низковольтного электроснабжения вагона. Такой контактор может быть использован для электроотопительных устройств как на постоянном, так и на переменном токе.

Контакторы переменного тока. Они отличаются от контакторов постоянного тока выполнением магнитной системы и расположением главных контактов.

Контакторы сравнительно **большой мощности имеют Ш-образную** электромагнитную систему с поворачивающимся на оси якорем *8* (рис. 3.21, *а*) и сердечником *5*, на котором установлена катушка *6*. Для уменьшения потерь от вихревых токов магнитопроводы контакторов изготовляют из листов электротехнической стали, изолированных друг от друга. Для устранения вибрации якоря при питании катушки *6* переменным током прилегающая к сердечнику часть якоря охватывается экранирующим короткозамкнутым витком *7*. Главные подвижные контакты *4* трехфазных контакторов переменного тока расположены на общем изоляционном валу *10* и имеют гибкие выводы *9*. Неподвижные контакты *2* укреплены на панели. При включении катушки *6* в цепь переменного тока якорь *8* притягивается к сердечнику *5* и поворачивает вал *10*. В результате главные подвижные контакты *4* замыкаются с неподвижными *2*. Кроме силовых контактов, контактор имеет блокировочные замыкающие *1* и размыкающие *13* контакты мостикового типа. Они замыкаются и размыкаются пластинками *12*, установленными на траверсе *11*, которая укреплена на валу *10*. При повороте вала контакты *1* замыкаются, а контакты *13* размыкаются. Условия га-

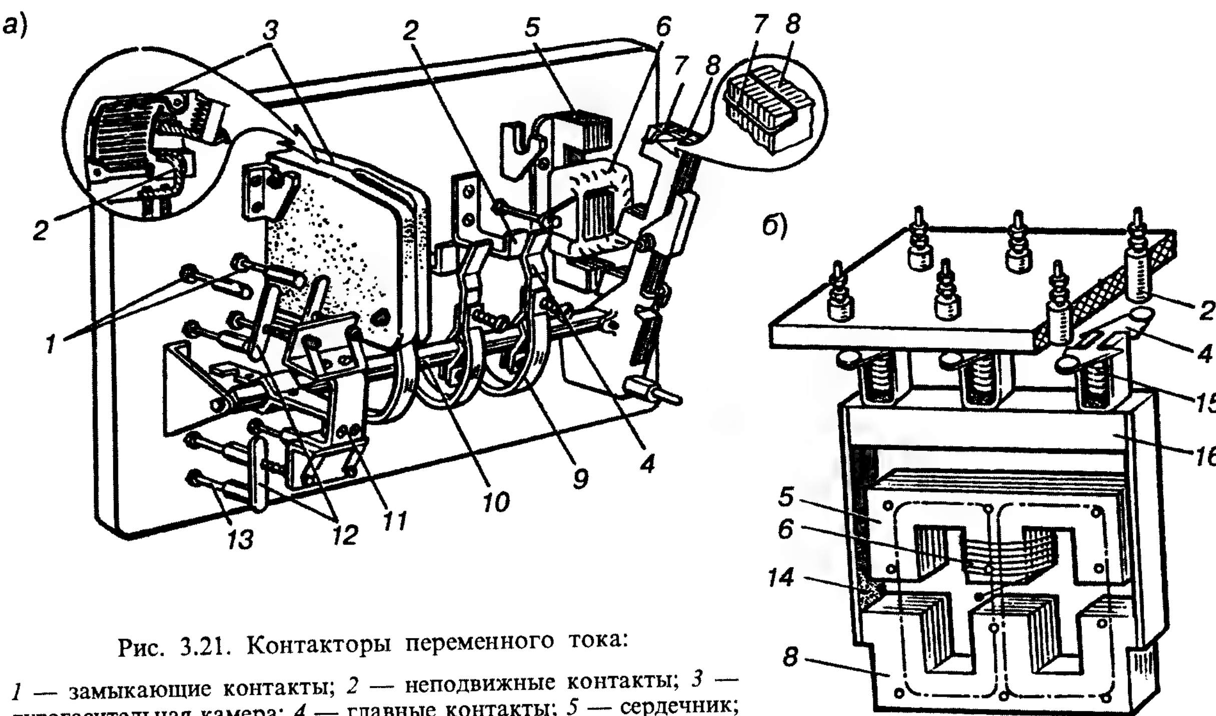


Рис. 3.21. Контакторы переменного тока:

1 — замыкающие контакты; *2* — неподвижные контакты; *3* — дугогасительная камера; *4* — главные контакты; *5* — сердечник; *6* — катушка; *7* — короткозамкнутый виток; *8* — якорь; *9* — гибкие выводы; *10* — вал изоляционный; *11* — траверса; *12* — пластинки; *13* — размыкающие контакты; *14* — подвижная рамка; *15* — контактная пружина; *16* — держатель

шения дуги в контакторах переменного тока значительно легче, чем при постоянном токе, так как при переходе переменного тока через нулевое значение диэлектрическая прочность междуэлектродного пространства быстро возрастает. В таких контакторах особенно эффективно использовать дугогасительные камеры *3* с деионной решеткой, так как для поддержания горения дуги при переходе тока через нуль требуется напряжение около 150–250 В. Поэтому число пластин в деионной решетке может быть значительно меньшим, чем в контакторах постоянного тока. В контакторах переменного тока дуга гасится очень быстро после первого перехода тока через нулевое значение.

Контакторы переменного тока небольшой мощности выполняют чаще всего с прямолинейно движущимся якорем (прямоходового типа). Такой контактор состоит из Ш-образного сердечника *5* (рис. 3.21, *б*), катушки *6*, якоря *8*, подвижной рамки *14*, держателя *16* из изоляционного материала, двойных подвижных контактов *4* точечного типа с контактными пружинами *15* и неподвижных контактов *2*, смонтированных на изоляционной панели. Когда по обмотке электромагнита прямоходового контактора протекает электрический ток, якорь *8* притягивается к неподвижному сердечнику *5* и поднимается вверх, увлекая за собой подвижную рамку *14* и держатель *16* с установленными на нем двойными контактами *4*, которые плотно прикасаются к двум неподвижным контактам *2* и соединяют их. Вследствие этого замыкается цепь, которой управляет контактор.

Основные параметры контакторов. Контакторы рассчитывают таким образом, чтобы обеспечивалось четкое и надежное включение якоря при 85% номинального напряжения (при нагретой катушке) и катушка не перегревалась при 110% номинального напряжения. Напряжение отпадания якоря, называемое напряжением отключения, составляет примерно 25% номинального для контакторов постоянного тока и 30–70% для контакторов переменного тока. В контакторах постоянного тока для повышения коэффициента возврата (увеличения напряжения отключения) и уменьшения тока, протекающего по катушке при включенном положении контактора, последовательно с катушкой включается добавочный резистор. При отключенном состоянии контактора этот резистор замкнут накоротко его размыкающими блокировочными контактами. Поэтому в момент включения на зажимы катушки подается полное напряжение, обеспе-

чивающее форсированное притяжение якоря к сердечнику. После срабатывания контактора эти блокировочные контакты размыкаются и в цепь катушки вводится резистор, который ограничивает ток до длительно допустимого по условиям нагрева катушки. Время от момента получения питания катушкой контактора до момента первоначального касания контактов называется собственным временем включения контактора; это время равно 0,1–0,4 с для контакторов постоянного тока и 0,05–0,07 с для контакторов переменного тока. Время от момента снятия напряжения с катушки до момента появления зазора между контактами называется собственным временем отключения контактора. Оно составляет 0,07–0,12 с для контакторов постоянного тока и 0,02–0,08 с для контакторов переменного тока.

Низковольтные контакторы. Контакторы типа VG-16, VG-40 и ES-160 устанавливаются на вагонах немецкой постройки. Контакторы VG-16 используются в цепях управления, преобразователя для люминесцентного освещения, двигателя насоса отопления, охладителя питьевой воды, преобразователя для радиостанции и др.

Более мощный контактор VG-40 устанавливают в цепях отопления, двигателя вентилятора вагона и др. Контакторы ES-160 используют в цепи двигателя компрессора холодильной установки.

В зависимости от назначения и мощности цепи, в которую устанавливают контакторы, выбирают соответствующий их тип (по числу полюсов, значению тока и напряжения). Чем больше номинальный ток, тем больше площадь поперечного сечения токоведущих частей, тем массивнее контакты и больше усилия нажатия. Чем выше номинальное напряжение, тем выше электрическая прочность изоляции, больше изоляционные расстояния, в том числе больше раствор контактов. Чем больше мощность отключаемой контактором цепи, тем больше развита дугогасительная система контактора. Для включения контактора необходимо подать напряжение 110 В на катушку электромагнита. Контактор включается и остается во включенном положении все время, пока подается напряжение на его катушку.

При снятии напряжения с катушки подвижная система контактора под действием отключающей пружины возвращается в исходное положение, т.е. контактор отключается.

Для включения контактора требуется значительно бóльший (в 5–8 раз) ток, чем для того, чтобы удержать его во включенном по-

ложении. Поэтому на вагонах постройки немецкой постройки в цепь катушки контактора вводится добавочный резистор *r* (рис. 3.22, *а*). Очевидно, что при такой схеме включения сечение провода катушки меньше и мощность, потребляемая катушкой контактора, в несколько раз меньше, чем в схеме без добавочного резистора (рис. 3.22, *б*). Однако, как показывает опыт эксплуатации, экономичная схема при определенных отказах может привести к сгоранию катушки контактора. Так, например, если подвижная система контактора заклинилась или размыкающий блок-контакт поврежден и не размыкает цепь, шунтирующую резистор при включенном положении контактора, то по катушке длительно протекает большой, не ограниченный резистором ток, от которого система быстро (10–15 мин) нагревается, дымит, создавая опасность возгорания в пульте управления. На вагонах отечественной постройки применяют контакторы с безрезисторной цепью катушки, исключая этим возможность опасных режимов.

По конструкции подвижной системы контакторы можно разделить на две группы: с мостиковой прямоходовой контактной системой (VG-16, VG-40) и с поворотной системой (ES-160).

При подаче напряжения 110 В на зажимы плюс и минус (рис. 3.23) в магнитопроводе *3* и якоре *2* возникает магнитный поток. Под действием сил, образующихся от магнитного пото-

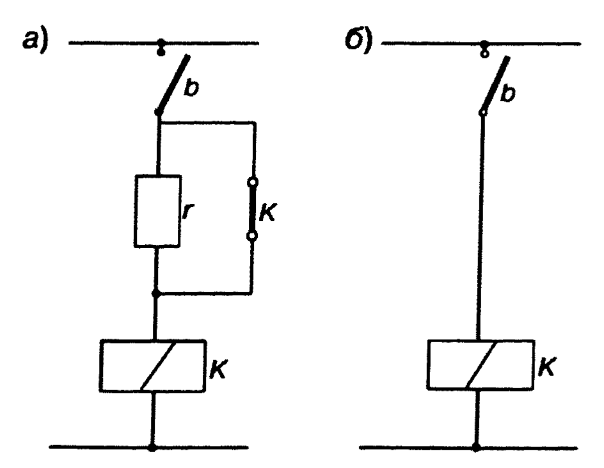


Рис. 3.22. Цепь включения контактора:

а — с добавочным резистором; *б* — без добавочного резистора

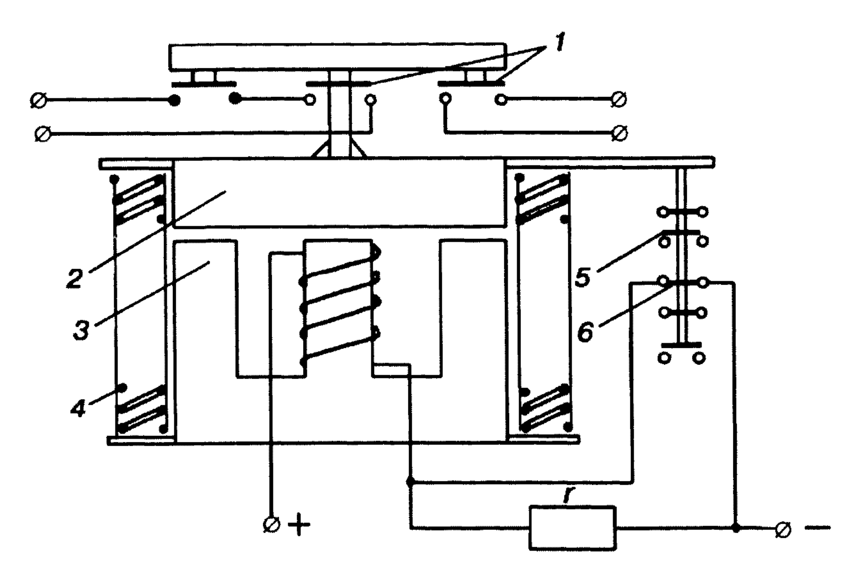


Рис. 3.23. Устройство электромагнитного контактора с прямоходовой системой:

1 — силовые контакты; *2* — якорь; *3* — магнитопровод; *4* — пружины; *5* — замыкающие блок-контакты; *6* — размыкающие блок-контакты

ка, якорь, преодолевая силу сжатых пружин *4*, притягивается к магнитопроводу. Силовые контакты *1* замыкаются с неподвижными. Одновременно происходят переключения в блок-контактах: замыкающие *5* замыкаются, размыкающие 6 размыкаются. В отключенном положении контактора резистор *r* замкнут блок-контактом накоротко. После включения контактора блок-контакт размыкает шунтирующую цепь, и резистор оказывается последовательно включенным с катушкой контактора. Ток в катушке после включения уменьшается до наименьшего значения, но достаточного для удержания контактора во включенном состоянии даже при минимальном напряжении (80 В). Если напряжение с катушки снять, то контактор под действием пружин отключается, резистор накоротко замыкается, тем самым подготавливается цепь для следующего включения контактора.

Контакторы VG-40 и VG-16 имеют пластмассовый корпус. Для ускорения гашения возникающей между контактами дуги в них используют контакты мостикового типа (с двумя разрыва-

ми цепи каждым контактором) и помещают их в дугогасительную камеру. Кроме основных пружин, отжимающих якорь с подвижными контактами от сердечника магнитопровода, каждый мостиковый контакт имеет свою пружину, обеспечивающую необходимое нажатие подвижного контакта на неподвижный.

Резистор, ограничивающий ток катушки, и блокировочные контакты укреплены на корпусе контактора снаружи. Контактор ES-160-11 — двухполюсный, рассчитан на значительно большую мощность, чем контакторы VG-40, как по току, так и по напряжению.

Он выполнен с поворотной системой подвижных контактов, которая позволяет применить дугогасительную камеру, рассчитанную на гашение дуги большей мощности. Контактор, так же как контакторы VG-16 и VG-40, имеет резистор, подключаемый последовательно катушкой после включения контактора. Технические характеристики контакторов приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Параметр	Контакторы		
	VG-16	VG-40	ES-160-11
Номинальное напряжение постоянного тока, В	110	440	600
Номинальный ток, А	15	40	160
Число полюсов	3	3	2
Число блок-контактов	5	5	5
Сопротивление резистора, Ом	1000	510	590
Мощность резистора, Вт	30	45	—
Габариты контактора, мм			

Высоковольтные контакторы. Для дистанционного включения и выключения цепей под нагрузкой высоковольтного отопления на вагонах служат высоковольтные электромагнитные контакторы EMS-32a формы исполнения 1.3.2.

Первая цифра обозначает название силовой цепи контактора на номинальное напряжение 3000 В постоянного или переменного тока частотой 50 Гц; вторая цифра — номинальные данные цепи управления (в данном случае цифра 3 означает номинальное напряжение 110 В постоянного тока); третья цифра–число используемых блок-контактов.

Силовые (главные) контакты контактора осуществляют коммутацию силовых электрических цепей напряжением 3000 В, а

блокировочные (вспомогательные) контакты предназначены для переключения цепей управления.

Контактор EMS-32a выполняется однополюсным, т.е. с одной парой силовых замыкающих контактов. Контактор EMS-32a может иметь в зависимости от назначения максимум два размыкающих и три замыкающих блок-контакта. Применяемый на вагонах контактор EMS-32a формы исполнения 1.3.2. имеет два блок-контакта один замыкающий (зажимы *1*, *2* на рис. 3.24, *а*), один размыкающий (зажимы *3-4*). Процесс включения контактора представляет собой перемещение подвижного контакта в сторону замыкания с неподвижным. Все детали (якорь, рычаги, тяги и др.), которые перемещаются, составляют подвижную часть контактора. Подвижная часть перемещается во включенное положение контактора под действием электромагнитного привода (отсюда и название контактора электромагнитный), а в отключенное — под действием пружин. Обмотка электромагнита контактора EMS-32a состоит из двух катушек: включающей (зажимы *7*, *8*) и удерживающей (зажимы *8*, *9*). Для включения контактора подается напряжение на обмотку электромагнита. Первоначально значительный ток протекает через включающую катушку и размыкающий блок-контакт (с зажимами *5*, *6*) для создания достаточного поля для обеспечения форсированного притяжения якоря к сердечнику электромагнита. После включения контактора разрывается размыкающий блок-контакт (с зажимами *5*, *6*), и ток протекает через удерживающую катушку. Вследствие этого ток ограничивается до длительно допустимого по условиям нагрева катушки, однако значение ее тока достаточно для удержания контактора во включенном состоянии. Контактор рассчитан на четкое и надежное включение при пониженном напряжении 74 В (67,5% от номинального напряжения 110 В) и на работу без перегрева катушки при повышенном напряжении 148,5 В (135% от номинального напряжения). Время включения контактора ESM-32a составляет 0,015–0,04 с в зависимости от напряжения управления. Чем выше напряжение, тем быстрее включается контактор. Включающая катушка имеет 6250 витков из медного провода диаметром 0,38 мм с общим сопротивлением (159,5 Ом) ± 4% при температуре 20°С и рассчитана на кратковременное протекание тока 1,25 А в течение 0,08 с. Удерживающая катушка содержит 7280 витков из медного провода диаметром 0,30 мм с общим сопротивлением (412 Ом)±4% и рассчитана на длительную мощность 28 Вт.

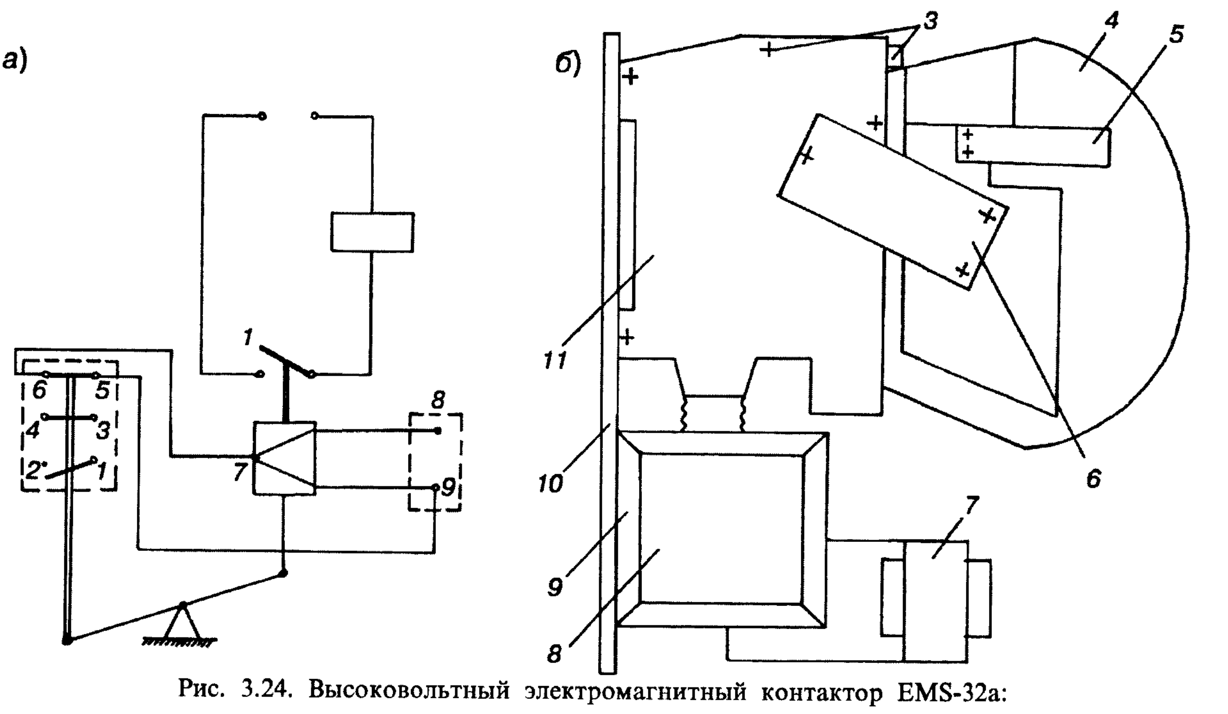


Рис. 3.24. Высоковольтный электромагнитный контактор EMS-32a:

а — электрическая схема: *1, 2* — замыкающие зажимы; *3, 4* — размыкающие зажимы; *5, 6* — размыкающие блок-контакты включающей катушки; *7, 8* — зажимы включающей катушки; *8, 9* — зажимы удерживающей катушки; *б* — общий вид: *3* — болты крепления; *4* — дугогасительная камера; *5* — блокировочное устройство; *6* — система магнитного дутья; *7* — блокировочные контакты; *8* — обмотка электромагнита; *9* — электромагнит; *10* — изоляционная плита; *11* — корпус

После включения контактора его силовой подвижной контакт замкнут с неподвижным. При напряжении 3000 В ток протекает последовательно через силовые контакты и дугогасительную катушку. Контактор остается включенным все время, пока подается напряжение на удерживающую катушку электромагнитного привода. При снятии напряжения подвижная часть контактора под действием отключающей пружины возвращается в исходное положение, т.е. контактор отключается. Для гашения электрической дуги, возникающей при разрыве тока вследствие размыкания силовых контактов, служит дугогасительное устройство. Оно состоит из дугогасительной катушки, магнитной системы и дугогасительной камеры.

При последовательном соединении силовых контактов и дугогасительной катушки всегда сохраняется одинаковое направление электродинамических сил гашения, так как одновременно с изменением тока меняется направление магнитного потока гашения. Это важно для контактора отопления, так как он предназначен для работы, как на постоянном, так и на переменном токе. Возникающая при размыкании силовых контактов электрическая дуга под действием электромагнитных сил выталкивается на дугогасительные рога и растягивается в дугогасительной камере, охлаждается и деионизируется в результате соприкосновения с холодными стенками камеры и расположенными в ней перегородками, а затем гаснет. Для исключения перебросов электрической дуги на заземленные части расстояние от дугогасительной камеры контактора со стороны бокового выхлопа дуги до стенок ящика должно быть не менее 150 мм.

Особенностью конструкции контактора EMS-32a является наличие унифицированного узла типа EBS-1, представляющего собой последовательную цепь из стабилитрона и диода. Этот узел шунтирует цепь катушки при отключении, значительно снижая перенапряжения при отключении.

В процессе эксплуатации предусмотрена возможность замены контакторов EMS-32a на отечественные контакторы 2КМ.010, вследствии унификации конструкции контакторов.

Эти контакторы принципиально отличаются друг от друга по конструкции электромагнитного привода, дугогасительного устройства и контактной системы.

По сравнению с контактором EMS-32a контактор 2КМ.010 выполнен с большей разрывной мощностью в результате увеличе-

ния числа витков дугогасительной катушки и специальной конструкции дугогасительной камеры, имеет более высокое усилие нажатия силовых и блокировочных контактов, обладает стабильным временем отключения, не зависящим от напряжения цепи управления, допускает в эксплуатации большой износ по толщине силовых и блокировочных контактов. У контактора типа 2КМ.010 сверху на изоляционной панели *2* (рис. 3.25, *а*) крепятся с помощью болтов бронзовый литой дугогасительный рог *1* с неподвижным силовым контактом *20*, зажим *4* дугогасительной катушки *5*, узел магнитного дутья *6*. Это узел имеет два изоляционных кронштейна *15*, между которыми размещены дугогасительная катушка *5*, колодка для крепления дугогасительной каме-

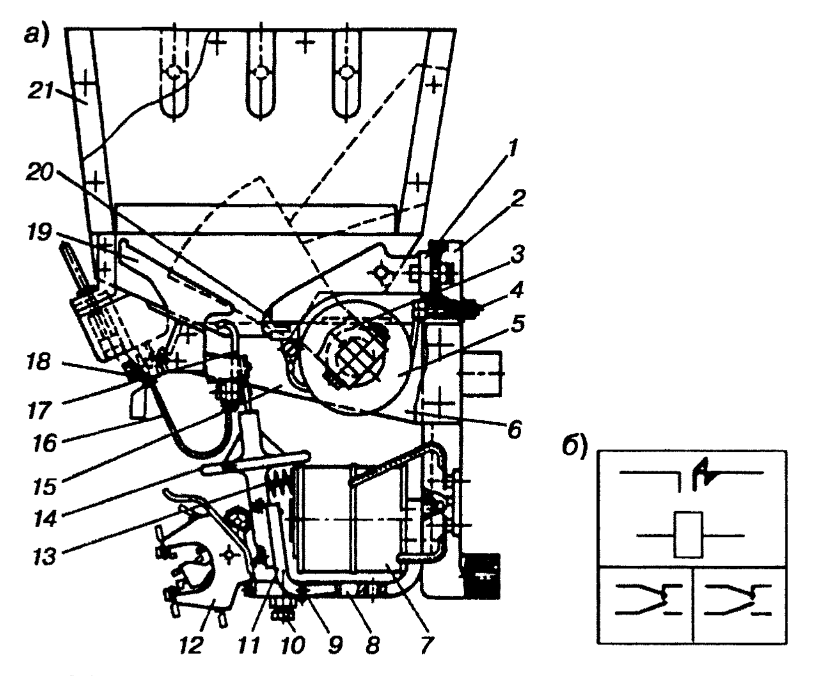


Рис. 3.25. Высоковольтный электромагнитный контактор 2КМ.010:

1 — дугогасительный рог; *2* — панель изоляционная; *3* — полюсы; *4* — зажим; *5* — дугогасительная катушка; *6* — узел магнитного дутья; *7* — катушка управления; *8* — магнитопровод; *9* — ось; *10* — болт; *11* — поворотный якорь; *12, 13* — кулачковые выключатели; *14* — изолятор; *15* — кронштейн; *16* — неподвижный силовой контакт; *21* — дугогасительная камера

ры *21* и бронзового литого дугогасительного рога *19*. Снаружи на кронштейнах *15* расположены полюсы *3* из шихтованной стали. Зажим *18* соединен гибким медным шунтом *16* с подвижным силовым контактом *17*. Снизу на изоляционной панели установлен электромагнитный привод с контактной системой, в который входят катушка управления *7*, магнитопровод *8* и поворотный якорь *11*, вращающийся вокруг оси *9*. Зажимы катушки управления закреплены на изоляционной панели. Снизу к магнитопроводу с помощью болтов крепятся два кулачковых выключателя *12*. На них расположены четыре блокировочных контакта (два размыкающих и два замыкающих). С поворотным якорем соединен изолятор *14*, связанный с подвижным силовым контактом *17*. В отключенном состоянии контактора воздушный зазор между поворотным якорем и магнитопроводом устанавливается болтом *10*. Для крепления контактора служат две втулки, запрессованные в изоляционную панель. При включении питания на катушку управления *7* поворотный якорь *11* притягивается к электромагниту, поворачиваясь вокруг оси *9*, и замыкается связанный с якорем через изолятор *14* подвижный силовой контакт *17* с неподвижным *20*. При напряжении 3000 В ток протекает от зажима *18* через гибкий шунт *16*, подвижный *17* и неподвижный *20* силовые контакты, дугогасительную катушку *5* к зажиму *4*. При прекращении питания катушки управления *7* под действием отключающей пружины *13* поворотный якорь *11* возвращается в исходное положение. Возникающая при размыкании силовых контактов *17* и *20* электрическая дуга растягивается под действием магнитного поля в дугогасительной камере, перемещаясь к концам бронзовых дугогасительных рогов *1* и *19*. Для лучшего гашения асбоцементная дугогасительная камера выполняется с продольными перегородками, с помощью которых электрическая дуга расщепляется на несколько параллельных пучков; соприкасаясь с холодными стенками и перегородками, они интенсивно охлаждаются, деионизируются, и электрическая дуга гаснет.

Для исключения перебросов дуги на заземленные части расстояние от дугогасительной камеры со стороны верхнего выхлопа дуги до стенки оболочки должно быть не менее 120 мм. Время выключения контактора составляет 0,06 с. Отечественные контакторы 2КМ.010 более надежны в эксплуатации, чем контакторы EMS-32a. Техническая характеристика высоковольтных контакторов приведена в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Параметры	Контакторы	
	ЕМ5-32а	2КМ.010
Номинальный ток, А	45	10; 25
Род тока	Постоянный и переменный частотой 50 Гц	
Напряжение, В:		
номинальное	3000	3000
наибольшее	4000/3600	4000/3600
Напряжение вспомогательных цепей, В	110; 54	110; 50
Номинальный ток блок-контактов, А	1,25	6
Силовые контакты:		
раствор, мм	18±1	22^{+2}_{-3}
провал, мм	—	9^{+4}_{-2}
длина линии касания, мм	—	10
нажатие конечное, Н	4±1	13^{+2}_{-4}
допустимый суммарный износ по толщине, мм	2	4
Блок-контакты:		
раствор, мм	2х3	13^{+3}_{-2}
провал, мм	—	3^{+2}_{-1}
нажатие, Н	—	$1{,}3^{+0{,}4}_{-0{,}6}$
допустимый суммарный износ по толщине, мм	0,5	2
Масса, кг	13,65	14±1
Габаритные размеры, мм	328×90×354	350×100×510

Примечание. В числителе при постоянном токе, в знаменателе при переменном.

3.5. Магнитные пускатели

Магнитные пускатели представляют собой электромагнитный аппарат, используемый для дистанционного включения силовых цепей. Различают магнитные пускатели с поворотной и прямоходной магнитной системой, а также переменного и постоянного тока. Магнитные пускатели с вспомогательными контактами (блок-контактами), устройствами для гашения дуги (дугогасительные камеры, магнитное дутье, деионные решетки и др.) принято называть контакторами. Магнитный пускатель постоянного

тока (контактор) с поворотной системой состоит (рис. 3.26, *а*) из электромагнита *3*, якоря *11*, возвратной пружины *10*, главных контактов *7* и блок-контактов *1*. Все части контактора укреплены на панели *12*. При подаче напряжения на катушки *2* пружина *10* оттягивает якорь от сердечника электромагнита, что приводит к размыканию (или замыканию) главных и блок-контактов. Ток к подвижному контакту подводится по гибкому проводнику в обход шарнирных соединений контактной системы. Для ускорения гашения дуги, возникающей при размыкании главных контактов, имеется дугогасительная катушка *8*. При прохождении электрического тока через силовые контакты их поверхности нагреваются и окисляются и повышается переходное сопротивление в месте соприкосновения подвижного контакта с неподвижным.

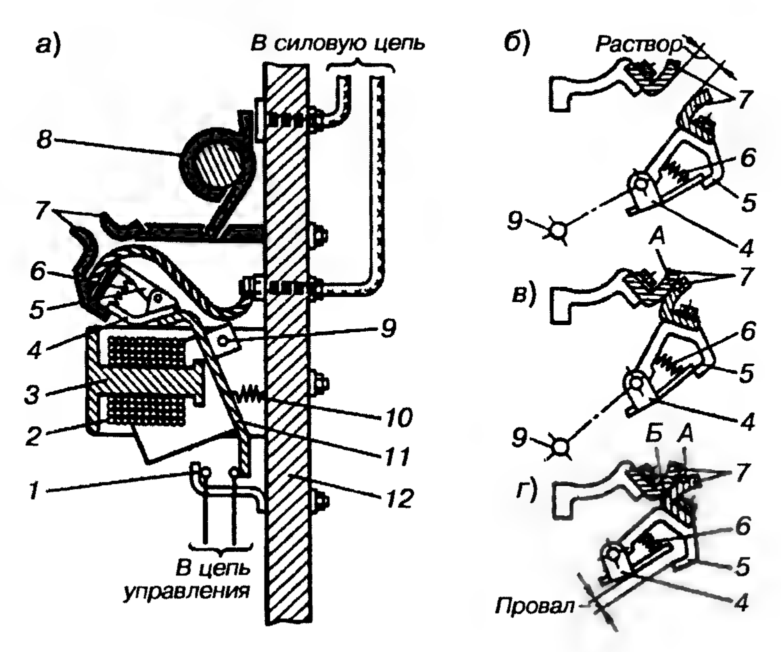


Рис. 3.26. Контактор с поворотной системой (*а*) и порядок замыкания его контактов (*б, в, г*):

1 — блок-контакты; *2* — катушка; *3* — электромагнит; *4* — рычаг; *5* — держатель контакта; *6* — притирающая пружина; *7* — главные контакты; *8* — дугогасительная катушка; *9* — ось; *10* — возвратная пружина; *11* — якорь; *12* — панель

Увеличение переходного сопротивления способствует еще большему нагреву, в результате чего температура контакта может достигнуть недопустимой величины. Кроме того, электрическая дуга, появляющаяся при размыкании контактов, может привести к обгоранию и разрушению их поверхности. Чем быстрее разъединяются контакты контактора, тем меньше энергии успевает выделиться в дуге, быстрее гаснет дуга и соответственно меньше изнашиваются контакты. Поэтому для улучшения действия контакторов их снабжают сильной отключающей пружиной *10*, обеспечивающей резкое разъединение контактов. Кроме того, в контакторах, размыкающих токи 10–15 А, место контакта, на котором образуется электрическая дуга, удалено от места, через которое длительно проходит ток после окончания процесса включения. Это достигается взаимным перекатыванием контактов, для чего их контактным поверхностям придается выпуклая форма. Чтобы не допустить возрастания переходного сопротивления контактов вследствие окисления их поверхности, контакты в процессе включения и выключения должны также скользить друг по другу для зачистки контактных поверхностей от окисной пленки, нагара и загрязнений. Процесс перекатывания и скольжения контактов называется притиранием. Притирание осуществляется вследствие того, что подвижной контакт монтируется на контактном рычаге *4* якоря не жестко, а посредством шарнирной связи и между держателем контакта *5* и рычагом *4* устанавливается контактная (притирающая) пружина *6*, которая необходима также для смягчения ударов при включении контактов, для преодоления возникающих между контактами электродинамических усилий. Эти усилия могут привести к взаимному отталкиванию контактов (вибрации контактов) и сильному обгоранию. В начальном положении (рис. 3.26, *б*) между контактами имеется зазор (раствор). При перемещении якоря и контактного рычага *4* с держателем *5* вокруг оси *9* первоначальное соприкосновение подвижного контактов происходит в точке *А* (рис. 3.26, *в*). При дальнейшем движении якоря и контактного рычага *4* держатель *5* начинает поворачиваться, контактная пружина *6* сжимается, увеличивая нажатие на контакты, а подвижной контакт перекатывается и скользит по неподвижному. В конце процесса включения подвижной и неподвижный контакты соприкасаются в точке *Б* (рис. 3.26, *г*). Процесс размыкания контактов при отключении контактора происходит в обратном порядке, и образовавшаяся дуга (точка *А*)

оказывается удаленной от точки *Б*, через которую проходит ток при включенном положении контактов. Магнитный пускатель с прямоходной системой (рис. 3.27) имеет неподвижный Ш-образный *2* и подвижный (якорь) *10* магнитопроводы. На неподвижный магнитопровод *2* надета тяговая катушка *12*. В двух боковых ветвях магнитопровода закреплены короткозамкнутые витки *3*. Подвижной магнитопровод *10* жестко связан с колодкой *9*, выполненной из изоляционного материала, которая поддерживается в верхнем положении возвратными пружинами *1*. На стойке колодки укреплены мостиковые контакты *5*, а на горизонтальной перегородке — неподвижные контакты *4*. Контактная система пускателя имеет три пары *b*, *c* и *d* силовых контактов, одну пару *a* замыкающих блокировочных контактов и одну пару *e* размыкающих блокировочных контактов *7*. Цепи управления и силовые цепи подключены к неподвижным контактам *4*. Включенная тяговая катушка притягивает якорь *10* и колодку *9*, вместе с которой перемещаются подвижные контакты и замыкают силовую и блокировочную цепи.

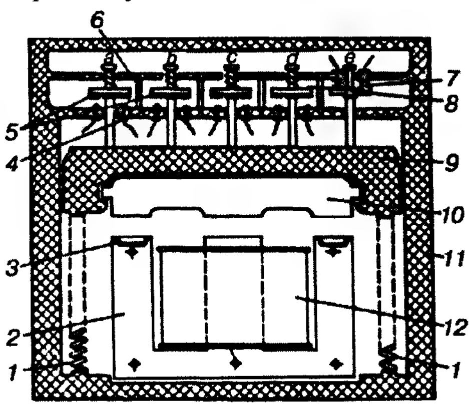


Рис. 3.27. Контактор с прямоходовой системой:

1 — возвратная пружина; *2* — магнитопровод; *3* — короткозамкнутые витки; *4* — неподвижные контакты; *5* — мостиковые контакты; *6* — перегородки; *7* — блокировочные контакты; *8* — камера; *9* — колодка; *10* — подвижной якорь; *11* — корпус; *12* — тяговая катушка

Подвижные контакты к неподвижным прижимаются пружинами, надетыми на стойки подвижных контактов. Внутренние грани корпуса *11*, изготовленного из диэлектрического материала, служат направляющими для колодки *9*. Дугогасительные перегородки *6* образуют отдельные камеры *8* для каждой цепи контактов. При отключении тяговой катушки якорь с колодкой под действием пружин *1* перемещается вверх и размыкает контактную систему пускателя, отключая потребителя от силовой цепи.

Контактная система — наиболее ответственная

часть контактора. Конструктивное исполнение контактов и их состояние в значительной степени определяют надежность работы аппарата. Для уменьшения окисления и переходного сопротивления контакты выполняют из специальной, легированной серебром, меди и придают им особую форму. В зависимости от характера соприкосновения контактные соединения подразделяют на поверхностные, линейные и точечные. Контакторы малой мощности имеют контакты точечной формы; контакторы средней и большой мощности плоскостные (рис. 3.28, *а*). Блокировочные контакты имеют (рис. 3.28, *б*) обычно точечную форму, и их изготовляют в виде отдельного узла, пристраиваемого к контактору. Для надежной работы контактов большое значение имеет начальное и конечное нажатие контактов, а также величины провала *П* и раствора *Р*. При малом нажатии контакты будут перегреваться. Чрезмерно большое нажатие препятствует нормальному включению и вызывает неустойчивую работу контактора. Обычно конечное нажатие примерно в 2 раза больше начального. Начальное нажатие устанавливают по величине усилия динамометра *2* (рис. 3.29, *а*), при котором бумажная лента *6*, проложенная между подвижным контактором *1*, прижатым пружиной *3* к упору *4*, свободно выходит из-под контактов. Для измерения конечного нажатия (рис. 3.29, *б*) бумажную ленту прокладывают между замкнутыми подвижным *1*

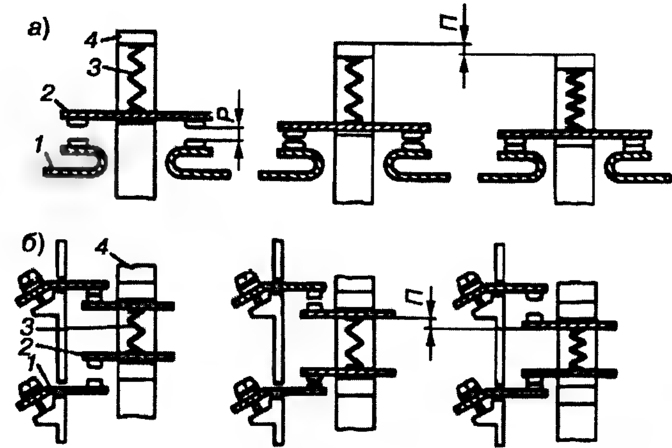


Рис. 3.28. Силовые плоскостные (*а*) и блокировочные (*б*) контакты контакторов:

1 — неподвижные; *2* — подвижные; *3* — пружина; *4* — траверса

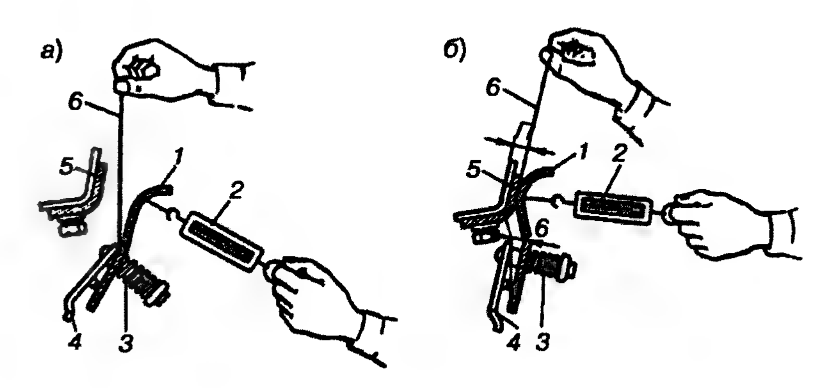


Рис. 3.29. Схема определения нажатия контактами:

1 — подвижный контакт; *2* — динамомент; *3* — пружина; *4* — упор; *5* — неподвижный контакт; *6* — бумажная лента

и неподвижным *5* контактами; усилие динамометра в момент освобождения бумажной ленты указывает конечное нажатие контактов. Провал контактов *П* определяют по изменению зазора между подвижным контактом и его упором во включенном положении контактов. Раствор контактов измеряют при разомкнутом положении контактов в самом узком месте между ними. В контакторах с мостиковыми контактами раствор *Р* и провал *П* главных контактов измеряют, как показано на рис. 3.28. Раствор главных контактов *Р* определяют по расстоянию между ними при отключенном положении контактов (можно измерить с помощью шаблона). Провал *П* определяют в замкнутом положении контактов по величине перемещения траверсы, на которой укреплен контактный мостик, от начала соприкосновения контактов до положения, соответствующего их полному включению. Для ускорения гашения дуги, возникающей в момент размыкания контактов, контакторы снабжены дугогасительными катушками и дугогасительными камерами.

В контакторах с прямоходовой системой типа КД (рис. 3.30) гашение дуги обеспечивается также за счет применения мостиковых контактов *4*, разъединяющих цепь в двух местах. Одновременное использование дугогасительной камеры *5* с деионными решетками повышает надежность и срок службы силовых контактов. В контакторах с поворотной магнитной системой большой мощности типа ЕСА (рис. 3.31) применяют отдельные для каждой фазы дугогасительные камеры *10* и общий вал *2*, на

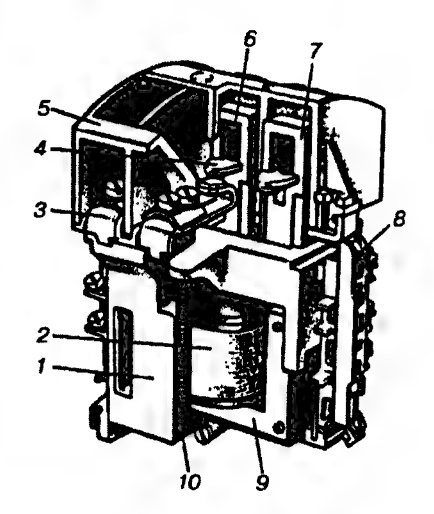


Рис. 3.30. Контактор переменного тока с прямоходовой магнитной системой типа КД-40 (на 220 В):

1 — корпус; *2* — катушка; *3* — неподвижные силовые контакты; *4* — подвижные силовые контакты; *5* — дугогасительная камера с деионными решетками; *6*, *10* — пружины; *7* — траверса; *8* — узел блок-контактов; *9* — неподвижный магнит

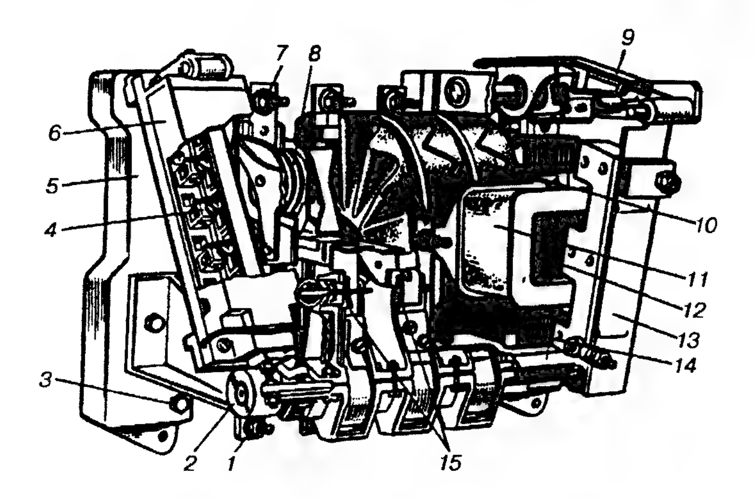


Рис. 3.31. Контактор переменного тока с поворотной магнитной системой и валом:

1 — зажимы подвижных контактов; *2* — ось (вал); *3* — зажим для заземления; *4* — блок-контакты; *5* — корпус; *6* — крышка болка блок-контактов; *7* — зажим неподвижных контактов; *8* — дугогасительная катушка; *9* — пружинно-фиксирующий механизм; *10* — дугогасительные камеры; *11* — катушка; *12* — неподвижный магнитопровод; *13* — планка; *14* — короткозамкнутый виток; *15* — подвижные контакты

котором с одной стороны крепятся подвижные контакты *15,* а с другой — подвижной магнитопровод.

Плечо рычага, на котором крепится подвижной магнитопровод, значительно больше плеча рычага подвижных контактов, и это обеспечивает надежное прижатие контактов друг к другу. Контактор имеет мощный пружинно-фиксирующий механизм, действующий через ролик на планку *13*, укрепленную на подвижном Ш-образном магнитопроводе. На неподвижном магнитопроводе *12* находятся короткозамкнутые витки *14*. Индуктируемый в них ток создает магнитный поток, не совпадающий с основным магнитным потоком, в результате чего суммарный поток в любой момент не имеет нулевого значения, что устраняет вибрацию и дребезжание подвижного магнитопровода и всей рычажной системы контактора.

Основными контакторами, применяющимися на 5-вагонных рефрижераторных секциях БМЗ, являются контакторы типа КМ. Они используются в цепях переменного и постоянного тока.

Контакторы типа КМ имеют принципиально одинаковое устройство, но отличаются конструкцией и креплением магнитных систем, блок-контактов, втягивающих катушек и систем дугогашения. Так, у контакторов переменного тока на 50 и 100 А (рис. 3.32, *а*) силовые контакты *4* мостикового типа, блокировочные контакты *1* — клиновые. Они имеют прямоходовую Ш-образную магнитную систему, состоящую из сердечника *9* и якоря *12*, к которому крепится скоба *13* подвижной системы. Втягивающая катушка *11* укреплена на сердечнике *9* с помощью скобы. Рычаг *10* с укрепленным на нем в качестве противовеса грузом *2* действует на блок-контакты *1*, а скобы *13* через планку *8* — на силовые контакты, закрытые крышкой *7* с камерой дугогашения *5*. Ток подводится к зажимам *6*. Все детали контактора крепятся к основанию. Кроме клиновых замыкающих и размыкающих блокировочных контактов *1* имеются перекидные контакты *3*. При подаче напряжения на втягивающую катушку *11* последняя создает магнитный поток, под действием которого якорь *12* притягивается к сердечнику *9* и перемещает контактную систему. При этом силовые контакты мостикового типа перемещаются с помощью планки *8* вверх, а рычаг *10*, поворачиваясь против часовой стрелки, переключает блок-контакты. Отключение напряжения управления приводит к возврату подвижной системы под действием отключающих пружин в исходное положение.

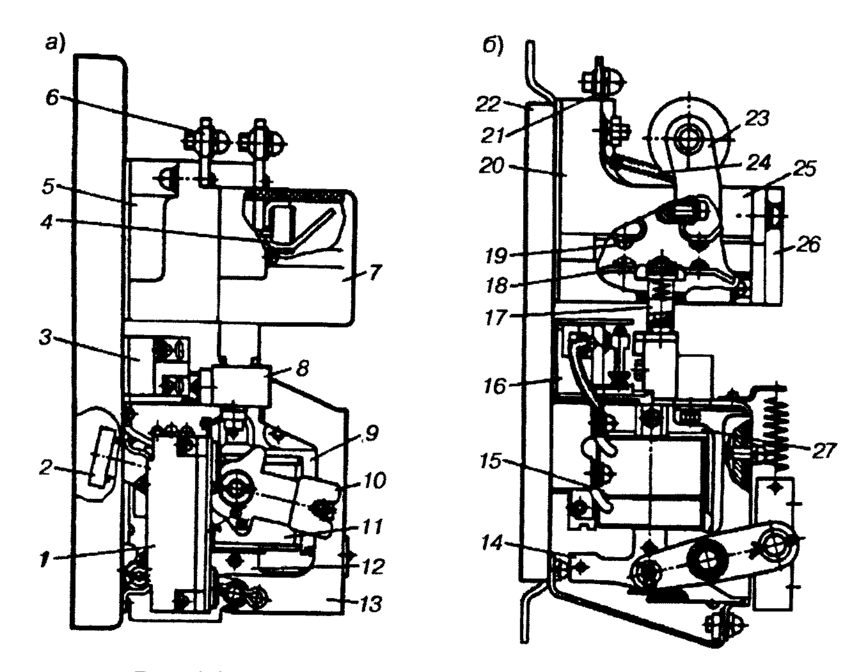


Рис. 3.32. Контакторы с прямоходовой системой:

1 — блокировочные контакты; *2* — груз; *3* — контакты перекидные; *4* — силовые контакты; *5* — дугогасительная камера; *6* — зажимы; *7* — крышка; *8* — планка; *9* — сердечник; *10* — рычаг; *11* — катушка; *12* — якорь; *13* — скоба; *14* — якорь; *15* — катушка; *16* — мостиковые контакты; *17* — контактодержатель; *18* — контактный мостик; *19* — неподвижные контакты; *20* — дугогасительная камера; *21* — зажимы; *22* — основание; *23* — щеки; *24* — дугогасительная катушка; *25* — крышка; *26* — пламегаситель; *27* — сердечник

Гашение дуги производится двойным разрывом цепи и охлаждением дуги в замкнутом пространстве камеры *5*. У контактора постоянного тока КМ-2241.9 гашение дуги осуществляется электромагнитным дутьем, создаваемым (рис. 3.33, *б*) дугогасительной катушкой *24* и щеками *23* магнитопровода, а также пламегасителем *26*, закрепленным на крышке *25* камеры дугогашения *20*. Контактный мостик *18* с двойным разрывом также улучшает условия гашения дуги. Рычажный привод мостиковых контактов *16* приводится в действие якорем *14*, притягиваемым к сердечнику *27* катушкой *15*. В момент включения контактодержатель *17* перемещается вверх, прижимая мостик *18* к неподвижным

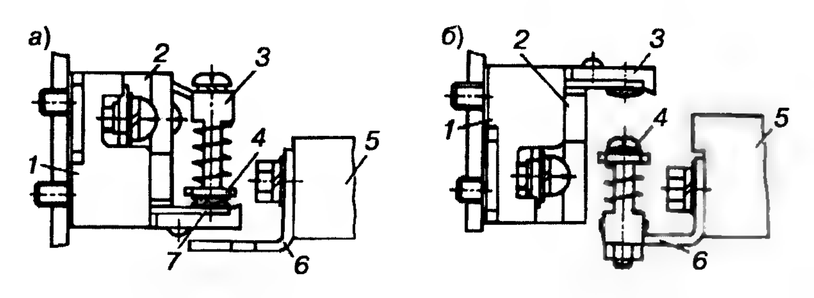


Рис. 3.33. Мостиковые размыкающие (*а*) и замыкающие (*б*) блок-контакты:

1 — основание; *2* — крышка; *3* — подвижной контакт; *4* — контактный мостик; *5* — подвижная планка; *6* — угольник; *7* — неподвижные контакты

контактам *19*. Ток подводится к замыкающим контактам с помощью зажимов *21*. Все детали контактора крепятся к основанию *22*. Размыкающий мостиковый блок-контакт (рис. 3.33, *а*) состоит из неподвижных контактов *7*, укрепленных на основании *1*, и подвижного контакта *3*, контактного мостика *4*, на который действует угольник *6*, укрепленный на подвижной планке *5*. Токопроводы блок-контакта закрыты крышкой *2*. У замыкающего мостикового блок-контакта (рис. 3.33, *б*) контактный мостик *3* укреплен на угольнике *6* и планке *5*, неподвижный контакт *4* находится на основании *1*, закрытом крышкой *2*. Клиновые блок-контакты у контакторов на 25 А состоят (рис. 3.34, *а*) из основания *1* с непод-

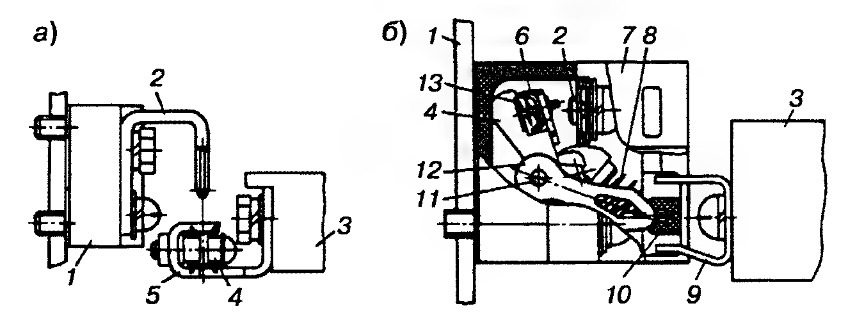


Рис. 3.34. Клиновой (*а*) и перекидной (*б*) блок-контакты:

1 — основание; *2* — крышка; *3* — контактный мостик; *4* — неподвижный контакт; *5* — планка; *6* — угольник; *7* — крышка; *8* — перекидная пружина; *9* — скоба; *10* — колодка; *11* — ось; *12* — пластина; *13* — контактная группа

вижными контактами *2* и подвижного контакта *4* в виде мостика из двух контактных пружинных пластинок, укрепленных на скобе *5*. Подвижной контакт крепится к планке *3* подвижной системы. Перекидной блок-контакт у контакторов типа КМ имеет (рис. 3.34, *б*) основание *1*, крышку *7*, подвижной контакт *4*, направляющую колодку *10* и неподвижные контакты *2*. Подвижной контакт состоит из контактного мостика *6*, контактной пружины *13*, пластин *12* и перекидывающей пружины *8*. Подвижной контакт поворачивается на оси *11* при перемещении направляющей колодки *10* в пазах крышки *7* с помощью скобы *9*, укрепленной на планке *3* подвижной системы. Контакторы типа КМ могут работать при температуре окружающего воздуха от –40° до 40°С и относительной влажности до 98% при температуре 20°С. На рефрижераторных вагонах немецкой постройки в цепях переменного и постоянного тока используют контакторы **КД**, рассчитанные на номинальные токи 16, 25 и 40 А в силовых цепях. Их модификации, выполненные в тропическом и морском исполнениях, имеют дополнительный индекс (соответственно К и С). Эти контакторы для цепей постоянного тока имеют, кроме того, индекс **ГС**. Конструктивно все эти контакторы (см. рис. 3.31) выполнены одинаково: они имеют прямоходную магнитную систему с мостиковыми силовыми блок-контактами. На контакторах, рассчитанных на ток 40 А, в дугогасительных камерах установлены деионные пластины. В зависимости от назначения и места установки катушки контакторов рассчитывают на различное напряжение переменного (42, 220, 350 В) и постоянного (24, 60 В) тока. Для всех контакторов допускается многократное включение, их разрывная мощность при включении примерно в 10 раз больше номинальной, при отключении в 8 раз.

3.6. Электромагнитные реле

Для переключения электрических цепей управления, сигнализации и других, по которым протекают малые токи, на пассажирских вагонах широко применяют различные электромагнитные реле. Обычно они передают команды другим аппаратам, размножают число команд (сигналов), осуществляют выдержку времени при работе различной аппаратуры. Если реле используется для включения и отключения других электричес-

ких аппаратов с более мощными контактами, то его называют промежуточным.

Устройство и схемы включения реле. На вагонах обычно используют реле с электромагнитной системой клапанного типа (с поворотным якорем) (рис. 3.35, *а*). В таких реле наряду с контактами мостикового типа применяют пластинчатые пружинящие контактные группы (рис. 3.35, *б*), у которых контактные накладки устанавливают на токоведущих пластинах *10*, изготовленных из фосфористой бронзы. Стальная пружина *9* создает предварительную деформацию верхней пластины *10*, так что в момент касания контактов создается необходимая сила нажатия. Замыкаются контакты при перемещении вверх толкателя *11* электромагнитным приводом реле. Для предотвращения залипания якоря применены немагнитные прокладки *6* или специальные штифты, которые не дают якорю вплотную притягиваться к сердечнику.

Реле, которые срабатывают при увеличении проходящего по обмотке тока, называются максимальными. Электромагнитные реле могут также работать с нормально притянутым якорем. Эти реле срабатывают, когда ток в обмотке уменьшается до значения, при котором тяговое усилие становится меньше силы противодействующей пружины. Такие реле называются минимальными. Коэффициент возврата электромагнитных реле постоянного тока обычно составляет 0,4–0,9. Реле срабатывают при напряжении от 30 до 70% номинального значения; следовательно, они имеют некоторый запас по срабатыванию. Ток срабатывания (уставку)

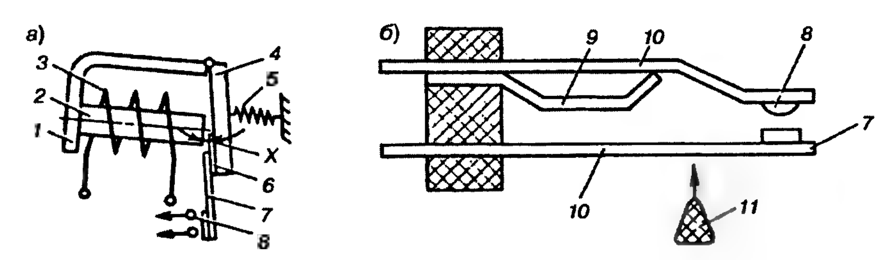


Рис. 3.35. Принципиальная схема электромагнитного реле клапанного типа (*а*) и его контактная система (*б*):

1 — магнитопровод; *2* — сердечник; *3* — обмотка; *4* — якорь; *5* — возвратная пружина; *6* — немагнитная прокладка; *7* — подвижные контакты; *8* — неподвижные контакты; *9* — стальная пружина; *10* — пластинчатая пружина; *11* — толкатель

реле можно изменять тремя способами; изменением натяжения противодействующей пружины (чем сильнее натянута пружина, тем больше ток срабатывания); изменением начального воздушного зазора (чем больше зазор, тем больше ток срабатывания); изменением числа витков обмотки реле (чем больше витков, тем меньший ток нужен для создания усилия F, достаточного для преодоления противодействующей силы $F_{пр}$). В электромагнитных реле наиболее часто применяют первый и второй способы.

Катушка реле может включаться в электрическую цепь последовательно или параллельно. В первом случае реле срабатывает, когда ток в цепи достигает наибольшего или наименьшего значения; такое реле называется токовым. Во втором случае срабатывание происходит, когда напряжение на катушке достигает наибольшего или наименьшего значения; такое реле называется реле напряжения.

Основные параметры реле. Точность срабатывания реле напряжения и тока характеризуется допускаемым отклонением от уставки. Согласно стандарту на тяговые электрические аппараты для реле без механической защелки допускаемое отклонение должно быть не более ±5%, для реле с механической защелкой ±7,5%. Важным параметром реле является время срабатывания, в зависимости от которого различают быстродействующие, обыкновенные реле и с выдержкой времени. Время срабатывания может зависеть от тока или не зависеть от него. В последнем случае время срабатывания постоянно для всех значений, больших 1 мин. Для повышения быстродействия реле уменьшают индуктивность его катушки, облегчают подвижную систему, снижают трение и др. Но иногда необходимо, чтобы реле срабатывало с некоторой выдержкой времени. Это требуется, например, при пуске электродвигателей для постепенного выключения отдельных ступеней пускового реостата.

Электромагнитное реле с выдержкой времени при включении и выключении называется реле времени. Действие его основано на явлении магнитного демпфирования, которое уменьшает скорость изменения магнитного потока в сердечнике при включении и отключении реле.

Промежуточные реле. В цепях автоматики управления вентиляцией вагона, аварийного освещения, контроля букс и в других применяют промежуточное реле. Они срабатывают при подаче напряжения на его катушку, в результате чего якорь при-

тягивается к сердечнику, замыкающие контакты замыкаются, а размыкающие — размыкаются.

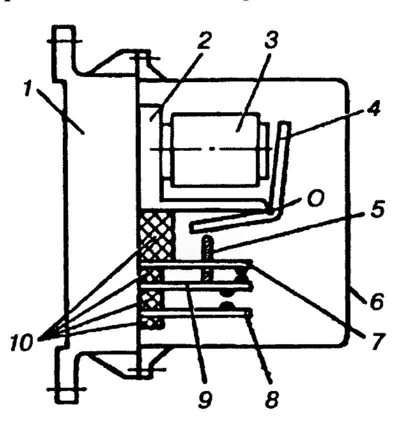


Рис. 3.36. Промежуточное реле типа RH102:

1 — корпус; *2* — магнитопровод; *3* — катушка; *4* — якорь; *5* — толкатель; *6* — защитный колпак; *7, 8* — неподвижные контактные группы; *9* — подвижная контактная группа; *10* — изоляционные прокладки

В цепях управления в основном применяется реле типа RH102 (рис. 3.36). На изолированной панели *1* укреплена контактная система реле, состоящая из двух неподвижных контактных групп *7* и *8* и одной подвижной контактной группы *9* и электромагнитная часть реле магнитопровод *2* с якорем *4* и сердечником, на который надета катушка *3*. Якорь *4* через текстолитовый толкатель *5* связан с подвижной контактной группой. Пружинистая стойка контактной группы *9* в выключенном состоянии реле соприкасается с левой неподвижной контактной группой *7*. При подаче напряжения на катушку якорь под действием магнитного потока притягивается к сердечнику, по-ворачиваясь против часовой стрелки вокруг точки *О*. Хвостовик якоря при этом через толкатель *5* перемещает стойку *9* вправо, что приводит к переключению групп контактов. Группы *7–9* размыкаются, а *8–9* замыкаются.

Каждая контактная группа, изолированная друг от друга изоляционными прокладками *10*, состоит из четырех упругих пластин, на концах которых закреплены контакты из серебра. Для защиты магнитной системы от воздействия внешней среды реле закрыто защитным колпаком *6* из прозрачного материала.

В изоляционной панели сверху и снизу установлены клеммы для подключения реле (рис. 3.37). При срабатывании реле, т.е. при размыкании контактов *5–8*, в цепь катушки реле вводится добавочный резистор *r*, который ограничивает ток реле во включенном положении.

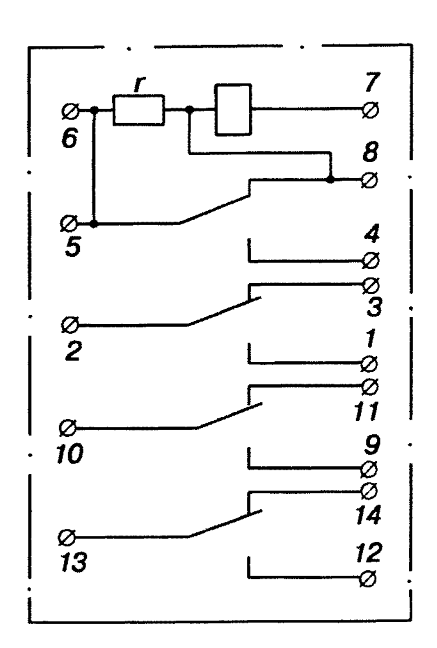


Рис. 3.37. Электрическая схема реле типа RH102:

1–14 — клеммы

Техническая характеристика реле RH102

Напряжение, В	60(+10%; –20%)
Мощность, Вт	~2,5
Допустимый ток контактов, А:	
максимальный	10
длительный	5
Время, с:	
срабатывания	0,025
отпускания	0,020
Допустимое число включений в 1 ч	2000
Число переключающих контактов	4
Масса, кг	0,35

3.7. Реле времени секции ZB-5

На 5-вагонных секциях ZB-5 применяются реле времени типа RZW (рис. 3.38), имеющие для своего привода гистерезисный электродвигатель *9*, приводной электромагнит *16* и контактную

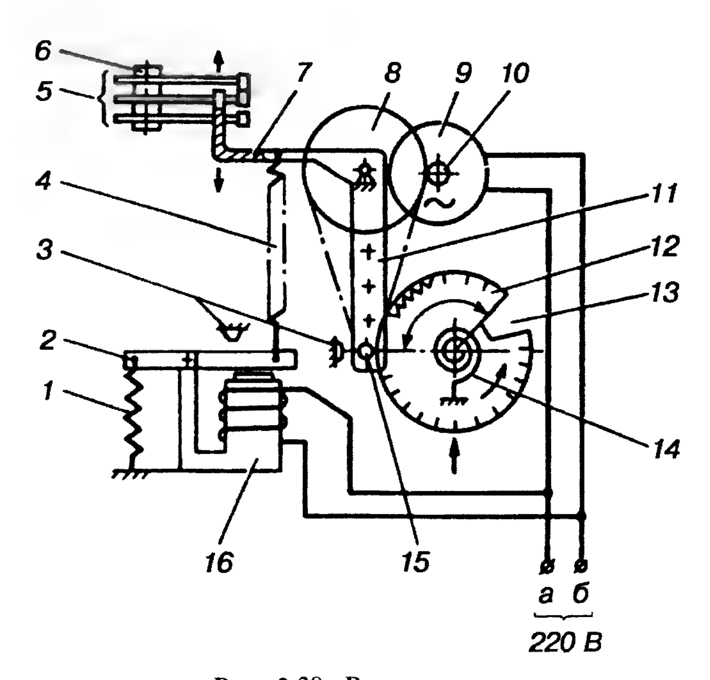


Рис. 3.38. Реле времени:

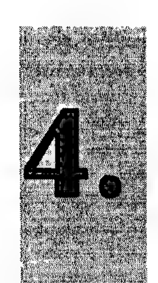
1 — пружина; *2* — якорь; *3* — упор; *4* — пружина; *5* — контактная система; *6* — контакты; *7* — рейка; *8* — ведомая шестерня; *9* — микроэлектродвигатель; *10* — шестерня; *11* — рамка; *12* — контактный якорек; *13* — вырез; *14* — спиральная пружина; *15* — шестерня; *16* — электромагнит

систему *5*. При подаче напряжения на зажиме *а–б* срабатывает электромагнит *16* и начинает работать микроэлектродвигатель *9*, приводящий во вращение через насаженную на его вал шестерню *10* ведомую шестерю *8* передаточного механизма, находящегося в рамке *11* и состоящего из ряда шестерен.

Кроме того, якорь *2* электромагнита преодолевая напряжение пружины *1*, через пружину *4* поворачивает рамку *11* передаточного механизма против часовой стрелки и прижимает последнюю шестерню *15* к зубчатому контактному якорьку *12*, имеющему вырез *13*.

Как только контактный якорь повернется на угол вокруг своей оси, шестерня попадает в вырез *13*, рамка *11* поворачивается и своей рейкой *7* переключает контакты *6*, включаемые в

цепь управления через выводы. Время выдержки угла устанавливается по шкале контактного якоря его предварительным перемещением с помощью специальной головки. При потере напряжения на зажимах якорь электромагнита и рамка поворачиваются в исходное положение (до упоров *3*), вызывая обратное срабатывание переключающих контактов. Контактный якорь *12* под действием спиральной пружины *14* поворачивается обратно до упора по часовой стрелке.



4. АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВАГОНОВ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ

4.1. Защита источников электрической энергии и электрических цепей от токов короткого замыкания и перегрузок

Для защиты источников электрической энергии и электрических цепей от токов короткого замыкания на вагонах применяют плавкие предохранители и автоматические выключатели. Защита отдельных потребителей от перегрузок осуществляется тепловым реле.

Плавкие предохранители

Плавкий предохранитель состоит из корпуса, металлической плавкой вставки и поддерживающего контактного устройства. Плавкая вставка — основной элемент предохранителя. Если ток не превышает 2–2,5 $I_{ном}$, то нагрев вставки имеет установившийся характер, при котором она не перегорает, так как все выделяемое в ней тепло отдается окружающей среде. В аварийном режиме при быстром и значительном увеличении тока, проходящего через вставку, она плавится, разрывая электрическую цепь. При этом сопротивление образовавшейся электрической дуги ограничивает ток короткого замыкания.

На вагонах применяют предохранители различных конструкций.

Низковольтные предохранители. Низковольтные трубчатые плавкие предохранители типа ПР2 и др. имеют фибровый или фарфоровый корпус. С торцевых сторон он закрыт колпачками

и снабжен контактами, к которым присоединена плавкая ставка из цинка или меди. При токе до 60 А контакты цилиндрические, а при бо́льших токах — ножевые. Вставка выполнена в виде пластинки с вырезами (рис. 4.1), уменьшающими ее сечение на отдельных участках. Такая форма уменьшает время ее перегорания при протекании больших токов (перегорает в узком месте). При токах короткого замыкания нагрев суженных участков идет весьма быстро, тепло от них не успевает отводиться, и они расплавляются прежде, чем ток короткого замыкания достигнет установившегося значения. Такая форма вставки увеличивает отключающую способность предохранителя в результате снижения количества паров металлов в дуге при перегорании вставки. При этом снижаются также перенапряжения при гашении дуги, так как сопротивление электрической дуги будет вводиться в цепь не сразу, а ступенями.

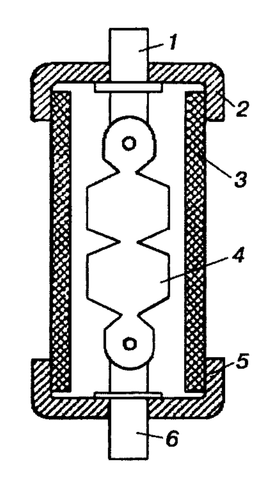


Рис. 4.1. Вставка с вырезами:

1, 6 — контакты; *2, 5* — колпачки; *3* — корпус; *4* — плавкая вставка

Согласно стандарту на тяговую электрическую аппаратуру наибольшие перенапряжения при отключении тока предохранителем не должны превышать амплитудного значения напряжения, прикладываемого к предохранителю при испытании электрической прочности его изоляции. В разборных предохранителях плавкую вставку помещают в фибровую трубку. Дуга, образовавшаяся при перегорании вставки, горит в замкнутом объеме, не выходя за пределы трубки. Фибра под действием высокой температуры образовавшейся дуги переходит в газообразное состояние (около 50% углекислого газа и 40% водяного пара) и быстро увеличивает давление внутри трубчатого корпуса. Наличие газов, обладающих высокими дугогасящими свойствами, особенно под высоким давлением, приводит к энергичной деионизации дуги и быстрому ее гашению.

В некоторых предохранителях (рис. 4.2) одна или несколько параллельно включенных медных вставок размещены внутри изоляционной трубки с мелкозернистым наполнителем (кварцевый песок или мел). Возникающие при плавлении вставок раска-

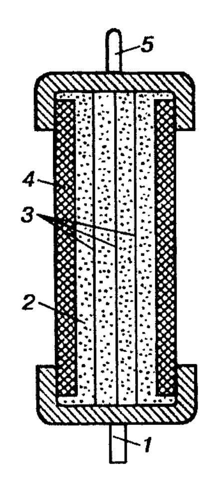


Рис. 4.2. Трубчатый предохранитель с параллельными плавкими вставками:

1, 5 — контакты; *2* — наполнитель; *3* — плавкие вставки; *4* — корпус

ленные и ионизированные газы проникают в промежутки между зернами песка и, соприкасаясь с ними, деионизируются, а пары металла конденсируются. Все это приводит к быстрому остыванию ионизированных частиц и паров металла в канале, образованном в результате испарения вставки, вследствие чего возникающая дуга быстро деионизируется и гаснет. В некоторых типах предохранителей для ускорения плавления вставки используют металлургический эффект, т.е. способность легкоплавких металлов (олово, свинец и др.) в расплавленном состоянии растворять некоторые тугоплавкие металлы. Для этого на плавкую вставку напаивают небольшие оловянные шарики. При увеличении тока (когда температура плавкой вставки достигает температуры плавления олова) шарик расплавляется и растворяет часть металла вставки. В этом месте вставка перегорает, причем температура всей ставки оказывается значительно меньше температуры плавления металла, из которого выполнена вставка. В нормальном режиме шарик практически не влияет на температуру нагрева вставки. Металлургический эффект используют в основном в предохранителях, рассчитанных на небольшой ток, так как при увеличении диаметра вставки влияние этого эффекта снижается.

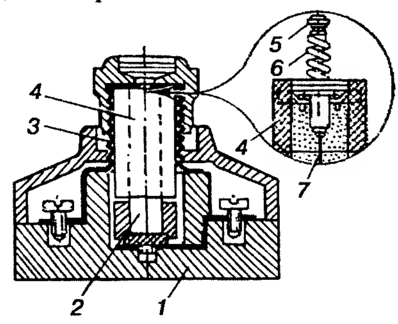


Рис. 4.3. Предохранитель пробочного типа ПН-2

В предохранителях пробочного типа ПН-2 (рис. 4.3) плавкая вставка в виде тонкой проволоки находится в сменной части предохранителя — патроне *4* (пробке), заполненном кварцевым песком. Ток проходит через винтовую резьбу *3* пробки, плавкую вставку и контактный винт *2*, установленный в нижней части основания *1*.

Для обнаружения перегоревшей плавкой вставки эти предохранители снабжаются специальным указателем *5*. Если плавкая вставка цела, указатель удерживается в прижатом к колпаку положении тонкой медной проволокой *7*, укрепленной к противоположному концу предохранителя. При плавлении плавкой вставки одновременно с ней перегорает проволока, удерживающая указатель, и он действием пружины *6* выталкивается из колпачка, сигнализируя о срабатывании предохранителя.

В предохранителях типа ПК (рис. 4.4) патрон выполнен в виде стеклянной трубки *5*, внутри которой расположена плавкая вставка *4* из тонкой проволоки, припаянная к двум металлическим колпачкам *3*. Предохранитель вставлен в корпус *1* держателя и удерживается в нем завинчивающейся головкой *6*. Держатель закреплен в панели щита с помощью гаек *2*, навернутых на резьбовую часть корпуса.

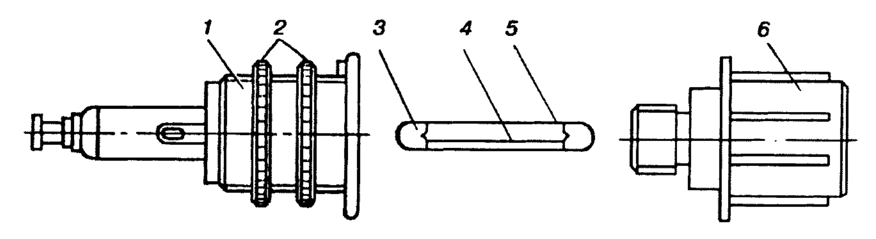


Рис. 4.4. Предохранитель типа ПК

Высоковольтные предохранители. На вагонах с электрическим и комбинированным отоплением напряжением 3000 В устанавливаются плавкие предохранители.

Главный предохранитель выполнен в виде цилиндрического патрона с ножевыми контактами. Предохранитель крепится при помощи специального держателя на передней крышке подвагонного высоковольтного ящика или шкафа. Групповые предохранители типа 0023, 092–0023, 096 конструктивно ничем не отличаются от главного. На рис. 4.5 показана конструкция одного из них. Патрон представляет собой фарфоровую трубку, внутри которой размещена плавкая вставка. Трубка *1* с открытой стороны имеет два фасонных контакта *10*, а с противоположной закрыта фарфоровым стаканом *5*, соединенным с основанием трубки гипсовой замазкой. На наружной поверхности трубки

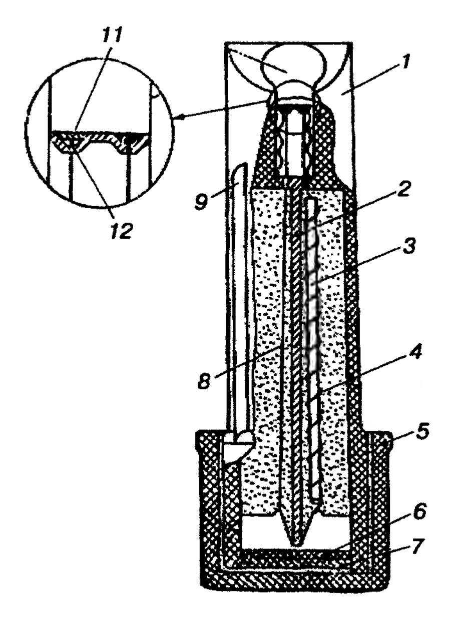


Рис. 4.5. Групповой высоковольтный предохранитель типа 0023.093

имеются направляющие ребра *9*, количество которых соответствует номинальному току предохранителя. Торцевая часть трубки со стороны дна стакана закрыта асбестовым диском *6* с полимерным покрытием *7*. Полость трубки разделена фарфоровыми перегородками *2* на четыре равных сектора.

Два смежных сектора заняты нихромовой проволокой указателя срабатывания *8*, а два других — плавкой вставкой *4*. Плавкая вставка из серебряной проволоки намотана последовательно на два фарфоровых сердечника *3* — по одному на сектор. Концы плавкой вставки и указателя срабатывания присоединены к зажимам контактов *10*. Колпачок *11* указателя в заряженном состоянии входит в коническое углубление в контакте, сжимая пружину *12* из медной проволоки. Припаянная к колпачку нихромовая проволока *8* натянута через перегородку и припаяна вторым концом к противоположному контакту. Полость трубки засыпается кварцевым песком. При срабатывании предохранителя плавкая вставка расплавляется и испаряется. Возникающая в месте плавления вставки дуга насыщена ионизированными парами металла, которые вследствие высокой температуры имеют большое давление. Под действием давления ионизированные частицы проникают в зазоры между песчинками и, оседая на них, охлаждаются и деионизируются. В процессе гашения дуги ток в цепи проволоки *8* указателя резко возрастает и плавит ее. При этом колпачок *11* под действием пружины *12* отходит от зажима, сигнализируя о срабатывании предохранителя. Устройство плавкой вставки показано на рис. 4.6. Вставка намотана из отрезка серебряной проволоки с развернутой длиной 588 мм и разделена на три зоны. В зоне *I* проволока вставки *1* скручена вдвое.

Концы скрутки припаяны к зажимам патрона. Развернутая длина проволоки в этой зоне 80 мм. В зоне *II* на сердечнике *2* намотано 10 витков. В середине зоны *III* между сердечниками на проволоку напаян оловянный шарик *4* диаметром 1,5 мм. Здесь начинается плавление проволоки. В месте перехода от зоны *II* к зоне *III* плавкая проволока прикрепляется к сердечнику при помощи кольца, пружина сжата; при перегорании проволоки она освобождается и, выталкивая из втулки головку указателя, сигнализирует о срабатывании предохранителя *3* из проволоки диаметром 0,18 мм.

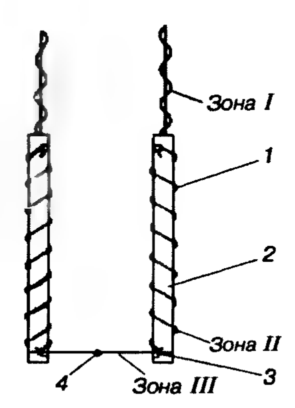


Рис. 4.6. Плавкая вставка предохранителя 0023.093

Предохранитель типа ПКЭ (рис. 4.7) состоит из патрона, который вставляется в контактную группу, укрепленную на двух высоковольтных опорных изоляторах. Патрон *3* представляет собой фарфоровую или стеклянную трубку, заполненную кварцевым песком, закрытую с концов и герметически запаянную. Внутри патрона на ребристом шамотном сердечнике *4* намотана плавкая вставка *8*, имеющая три разных сечения. При протекании тока короткого замыкания плавкая вставка плавится и испаряется. Оловянные шарики, напаянные на места скруток плавких проволок, предназначены для снижения перегрева предохранителя при небольших перегрузках. О срабатывании предохранителя сигнализирует указатель, который устроен следующим образом. На крышке патрона укреплена металлическая втулка, внутри которой помещена спиральная пружина *2*. Одним концом пружина опирается на дно втулки, дру-

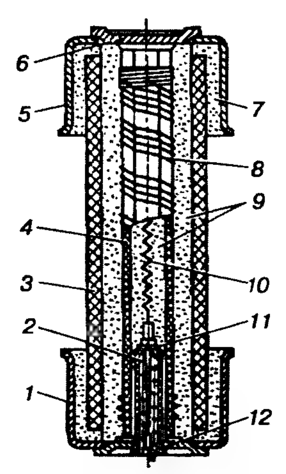


Рис. 4.7. Предохранитель типа ПКЭ:

1, 5 — колпачки; *2* — пружина указателя; *3* — корпус; *8* — плавкие вставки; *9* — наполнитель; *4* — сердечник; *6* — крышка; *7* — цементная замазка; *10* — проволока указателя; *11* — втулка; *12* — головка указателя

гим — на головку крючка указателя *12*. За крючок указателя зацеплена проволока *10*. В рабочем положении пружина сжата; при перегорании проволоки она освобождается и, выталкивая из втулки головку указателя, сигнализирует о срабатывании предохранителя. На вагонах типа 47Дк, 47Кк; СКк установлены высоковольтные предохранители типа WBT. По конструкции они аналогичны предохранителям типа ПКЭ.

Подбор предохранителей. Плавкие вставки предохранителей характеризуются номинальным током, который они могут выдержать неограниченно долгое время. Для каждого типа предохранителей устанавливается предельный отключаемый ток, который он может разорвать. Время перегорания вставки прямо зависит от величины тока. Чем больший ток протекает через вставку, тем быстрей она перегорает. Предохранители выбирают в зависимости от напряжения электрической установки, которую они должны защищать.

Номинальный ток плавкой вставки $I_{ном}$ устанавливают по наибольшему току нагрузки с учетом возможных перегрузок, которые допускает данный предохранитель. Во избежание возникновения пожара номинальный ток должен соответствовать сечению проводов. Обычно $I_{ном}$ выбирают равным 0,8 $I_{пр}$ ($I_{пр}$ — предельно допустимый ток провода). Чтобы избежать ложного срабатывания предохранителя вследствие возможных изменений температуры окружающей среды, номинальный ток выбирается несколько меньше пограничного; $I_{погр}$=(1,25/1,75) $I_{ном}$; так для холодного и прогретого предохранителя временные характеристики различны (кривые *1* и *2*, рис. 4.8). Таким образом предохранители не защищают цепи от длительных, но небольших перегрузок. Например, перегрузка в 2,5 раза приводит к перегоранию плавкой вставки примерно через 6,5 с, а перегрузки около 25–30% выдерживаются длительное время. Обычно

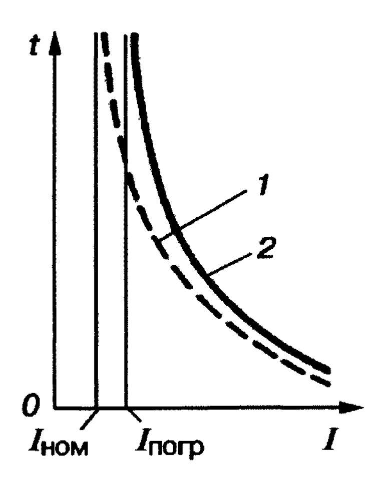


Рис. 4.8. Времятоковые характеристики плавкой вставки

их используют для защиты от коротких замыканий, а для защиты от перегрузок применяют тепловые реле и автоматические выключатели с тепловым расцепителем.

Одним из основных условий выбора предохранителей является обеспечения селективности (избирательности) их действия между собой. Это значит, что при коротком замыкании в цепи должен перегореть только предохранитель, ближайший к месту повреждения, а остальные должны остаться в работе. Для этой цепи предохранители, установленные ближе к источнику электрической энергии, должны соответствовать его номинальному току. Времятоковые характеристики *1* и *2* двух плавких вставок с различными номинальными токами показаны на рис. 4.9. Из характеристик видно, что если ток в цепи больше $I_{погр1}$, то перегорит только одна плавкая вставка. Если ток будет больше $I_{погр2}$, то перегореть должны обе вставки. Однако время перегорания будет неодинаковым: при токе $I_{кз}$ вставка *2* будет перегорать более продолжительное время (t_2), чем вставка *1* (t_1).

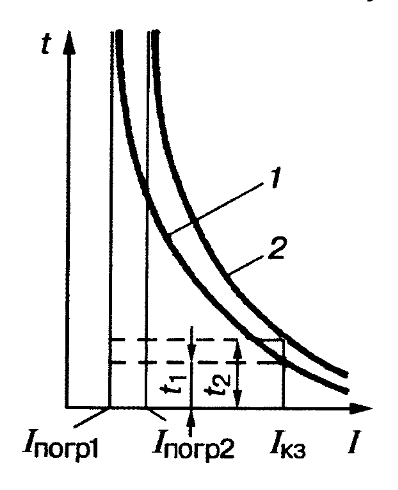


Рис. 4.9. Времятоковые характеристики плавких вставок

Это обстоятельство позволяет осуществить селективную работу предохранителей. Если токи короткого замыкания велики, разница во времени перегорания плавких вставок становится очень небольшой и обеспечить селективность не удается.

Тепловые реле

Тепловое реле предназначено для защиты электрических цепей и, в частности, электрических двигателей от перегрузок. Оно имеет нагревательный элемент *1* (рис. 4.10), биметаллическую пластину *2* и контактную систему *5*. Нагревательный элемент включается последовательно в силовую цепь двигателя, контакты реле — в цепь катушки электромагнитного привода контак-

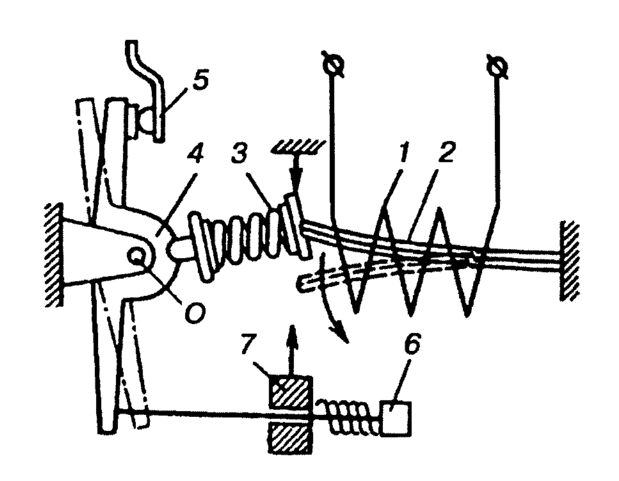


Рис. 4.10. Схема нерегулируемого теплового реле

тора, подключающего двигатель в сеть. Биметаллическая пластина состоит из двух металлов с разными температурными коэффициентами линейного расширения. При нагреве слой термоактивного металла значительно расширяется, в то время как слой термоинертного металла почти не деформируется. Поэтому, если один конец биметаллической пластины закрепить, то свободный конец ее при нагреве изгибается в сторону термоинертного слоя. В качестве термоинертного материала используют сплав никеля со сталью — инвар (36–42% Ni). В качестве термореактивного — различные стали, латунь, констант и др.

Нагревательный элемент представляет собой спираль из проволоки с высоким удельным сопротивлением, надетую на биметаллическую пластину. В рассматриваемой конструкции теплового реле биметаллическая пластина *2* упирается в правый конец пружины *3*, левый ее конец давит на выступ контактного рычага *4*, который может поворачиваться вокруг оси *О*. При нагреве биметаллической пластины она изгибается (штриховые линии) и перемещает пружину *3* вниз, вследствие чего она скачком перекидывает рычаг *4* в положение, показанное штриховыми линиями. При этом контакты *5* реле размыкаются; перемещение пружины *3* ограничивают упоры *7*. Восстанавливаются контакты реле в исходное положение вручную кнопкой *6* через 25–90 с после срабатывания реле, это время необходимо для остывания биметаллической пластины. Регулируют ток срабатывания теплового реле подбором нагревательных элементов.

Нагревательный элемент и биметаллическая пластина обладают некоторой теплоемкостью, поэтому срабатывание реле происходит не сразу по достижении током недопустимо большого значения, а с некоторой выдержкой времени. Времятоковая характеристика теплового реле имеет примерно такой же вид, что и характеристика плавкого предохранителя. Чем меньше перегрузка, тем больше выдержка времени. Например, при токе $5I_{ном}$ реле срабатывает приблизительно через 20 с; при $3I_{ном}$ — через 1 мин; при $2{,}25I_{ном}$ — через 4 мин. Этим же объясняется то, что кратковременные толчки тока при пуске двигателей не вызывают срабатывания теплового реле. Но если повышенный ток будет протекать несколько секунд, то биметаллическая пластина прогнется и реле отключит двигатель.

Регулируемое тепловое реле также имеет биметаллические пластины *9* (рис. 4.11), изгибающиеся при нагреве спиралей *10,* по которым протекает ток нагрузки, подводимый по трехфазному вводу (провода *A, B, C*). Пластины *9* одновременно служат проводниками, к которым присоединена цепь, питающая потребители. Если ток нагрузки превышает допустимое значение,

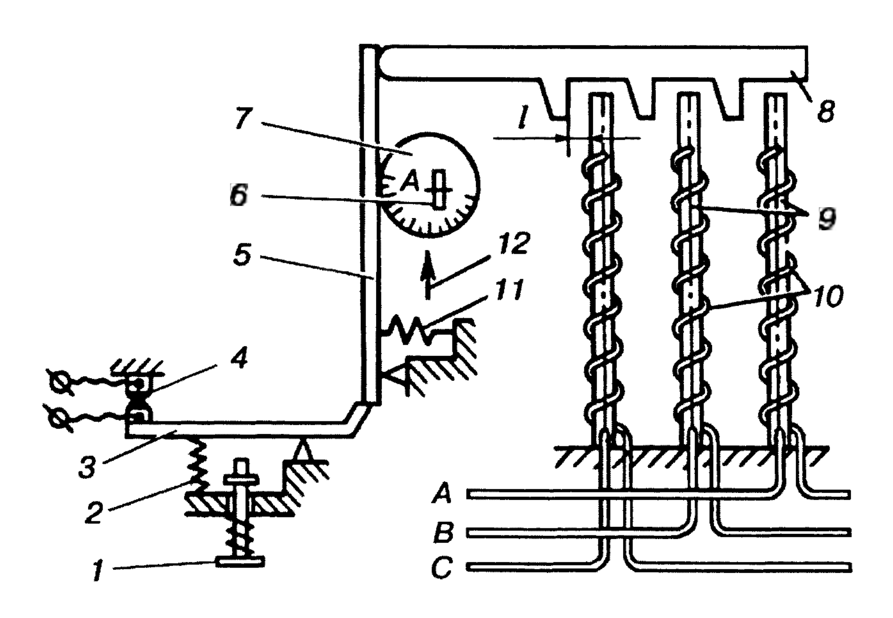


Рис. 4.11. Схема регулируемого теплового реле

биметаллические пластины нагреваются и их верхняя часть изгибается влево. При этом перемещается планка *8*, изготовленная из текстолита или гетинакса, и освобождает защелку *3*, которая под действием пружины *10* поворачивается против часовой стрелки и размыкает контакты *4* питания тяговой катушки контактора, отключая его. Чтобы вновь включить контактор, когда остынут биметаллические пластины, нажимают кнопку возврата *1*. При этом промежуточная планка *5* под действием пружины *11* и защелки *3* возвращается в исходное положение. Ток срабатывания теплового реле регулируется эксцентриковой шайбой *7* со шкалой градулированной в амперах. Регулируя тепловое реле, в вырез *6* вставляют шлиц отвертки и, поворачивая шайбу *7*, устанавливают необходимую отметку шкалы (соответствующую определенному значению тока срабатывания) против отметки *12*. Ток срабатывания зависит от зазора между заплечиком планки и верхним краем ненагретой биметаллической пластины *9* теплового реле. Некоторые реле вместо выреза *8* имеют регулировочные головки.

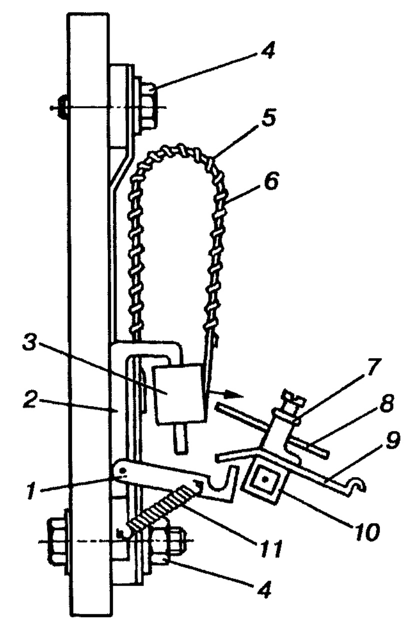


Рис. 4.12. Токое реле с тепловым и максимальным расцепителями

Следует отметить, что тепловое реле непригодно для защиты от токов короткого замыкания, так как не обеспечивает мгновенного отключения электрической установки. Поэтому вместе с тепловыми реле включаются плавкие предохранители или автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем. Токовое реле в дополнение к тепловому расцепителю может иметь максимальный расцепитель, который представляет собой электромагнит (рис. 4.12), состоящий из неподвижного сердечника *2*, катушки *3* и якоря *1*. Катушка включается последовательно с нагревательным элементом *5* и биметаллической пластиной

6 в силовую цепь через зажимы *4*. При коротком замыкании и резком броске тока якорь *1*, преодолевая усилие пружины *11*, притягивается к сердечнику и с помощью поводка *9* поворачивает валик *10*, который размыкает контакты реле. При небольших длительных перегрузках в токовом реле срабатывает тепловой расцепитель — нагревательный элемент и биметаллическая пластина, которая, изгибаясь, действует на стержень *8*, укрепленный с помощью винта *7* на кронштейне валика *10*. Ток нагрузки теплового расцепителя регулируют изменением зазора между свободным концом пластины *6* и стержнем *8*, который может передвигаться в кронштейне валика *10*; ток срабатывания максимального расцепителя — отгибанием поводка *9*. Максимальный расцепитель можно регулировать на ток в 3–5 раз больший тока уставки.

Недостатком теплового реле является то, что их работа зависит от температуры окружающей среды. Чем больше температура окружающей среды, тем быстрее оно срабатывает. При токе от 100 до 175% номинального тепловое реле работает нестабильно и двигатель может отключиться, когда температура изоляции превысит допустимую. В пределах от 175 до 600% $I_{ном}$ реле работает стабильно.

Автоматические выключатели

Автоматический выключатель с тепловым расцепителем (рис. 4.13, *а*) имеет контакты *2* в силовой цепи, замыкаемые вручную кнопкой или рукояткой. В замкнутом положении контакты удерживаются защелкой *3*. При прохождении по цепи тока *I* меньше допустимого биметаллическая пластина *5* нагревается незначительно, и ее изгиба вверх недостаточно для того, чтобы передать усилие на защелку *3*. Если по спирали *6* будет проходить ток больше допустимого, то через некоторое время правый конец пластины *5* изогнется вверх и через толкатель *4* поднимет рычаг защелки *3*. Под действием пружины *1* разомкнется контакт *2*.

Автоматический выключатель с максимальным и минимальным расцепителями (рис. 4.13, *б*) имеет три силовых *7* контакта и один блок-контакт *9*, которые замыкаются вручную при перемещении рукоятки *13* и удерживаются в этом положении устройством *10*. Максимальный расцепитель выключателя состоит

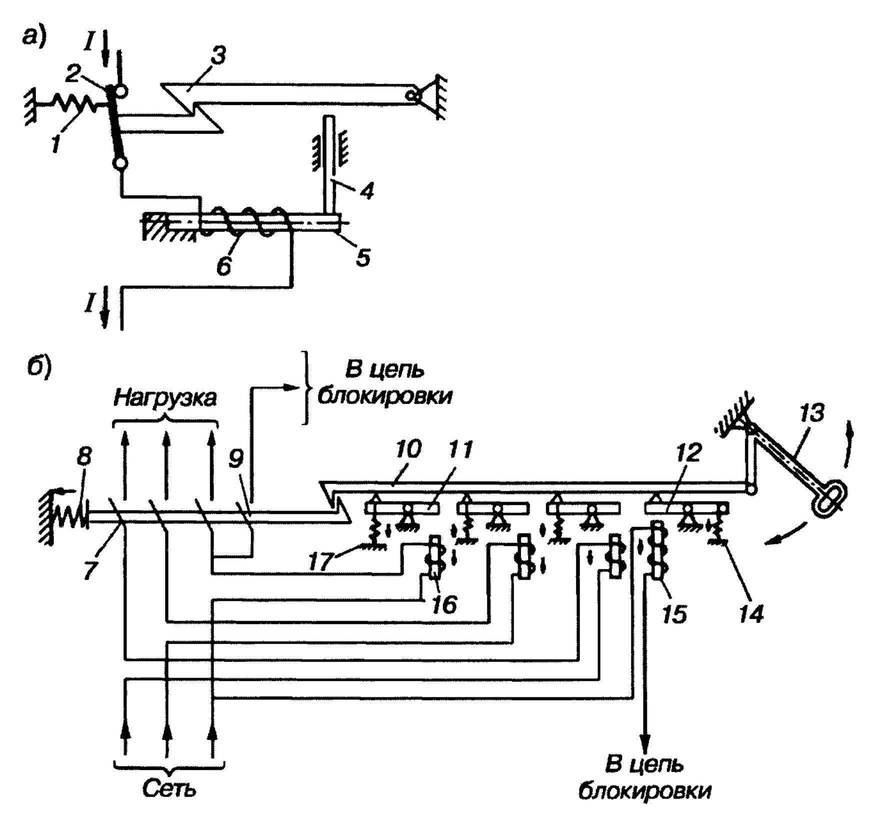


Рис. 4.13. Схема автоматического выключателя с тепловым (*а*), максимальным и минимальным (*б*) расцепителями

из электромагнита *16* с сердечником и катушкой, которая включена последовательно в соответствующий линейный провод. Электромагнит действует на якорь *11*, оттягиваемый пружиной *17*. При протекании через катушку чрезмерно большого тока, что может быть при перегрузке или коротком замыкании, якорь *11*, преодолев усилие пружины, притянется к сердечнику электромагнита и расцепит устройство *10*. При расцеплении последнего пружина *8* выключит силовые контакты *7*, и цепь выключателя разорвется. Максимальные расцепители действуют на защелочное устройство *10* независимо один от другого, вызывая выключение силовых контактов при перегрузке в любой фазе.

Ток, при котором отключается автомат, зависит от усилия, создаваемого пружиной *8*. Натяжение пружины регулируется винтом.

Катушка *15* минимального расцепителя включена параллельно двум фазам. Усилие, создаваемое катушкой *15*, пропорционально величине линейного напряжения. При нормальном напряжении генератора сила притяжения катушки *15* больше усилия пружины *14*, вследствие чего якорь *12* будет притянут к сердечнику. При уменьшении напряжения ниже допустимого или его исчезновении пружина *14* притянет якорь *12*, который выведет устройство *10* из зацепления, и автомат выключится.

Минимальный расцепитель действует независимо от максимальных расцепителей и отключает автомат при падении напряжения более 70–35% номинального значения. Минимальный расцепитель не позволяет включить автомат при отсутствии напряжения в разомкнутой цепи блокировки его катушки, так как якорь *12* будет держать устройство *10* в расцепленном состоянии.

Автоматические выключатели выполняют в виде герметичного аппарата, наружу которого выведена рукоятка или рычаг для включения и отключения автомата.

На 5-вагонных секциях БМЗ широко используют трехполюсные автоматические выключатели типа АК-50-3МГ, рассчитанные для цепей переменного тока напряжением 400 В на номинальный ток нагрузки 50, 30, 15, 8 и 2,5 А.

Автоматический выключатель АК-50-3МГ (рис. 4.14, *а*) состоит из корпуса *10* с передней *5* и задней *11* крышками, внутри которого находится механизм управления *6* поворотной траверсы *3* роторного типа с укрепленными на ней подвижными контактами *1*, дугогасительной камеры *7* с деионными решетками, максимальных расцепителей *8* и неподвижных силовых контактов *2*. Выключатель приводится в действие рукояткой *4*, выведенной на лицевую сторону аппарата, и включается в силовую цепь с помощью верхнего *9* и нижнего *14* зажимов. Ток нагрузки от верхнего зажима *9* проходит через катушку *13* расцепителя и шину *12* к верхнему неподвижному контакту выключателя. При размыкании силовая цепь прерывается в двух местах.

Механизм управления работает на принципе резкого замыкания (и размыкания) контактов, не зависящего от скорости перемещения рукоятки выключателя. Отключение выключателей

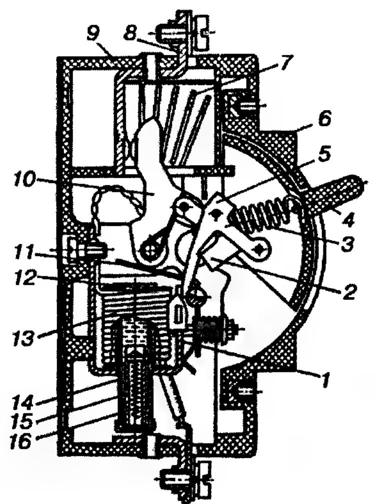
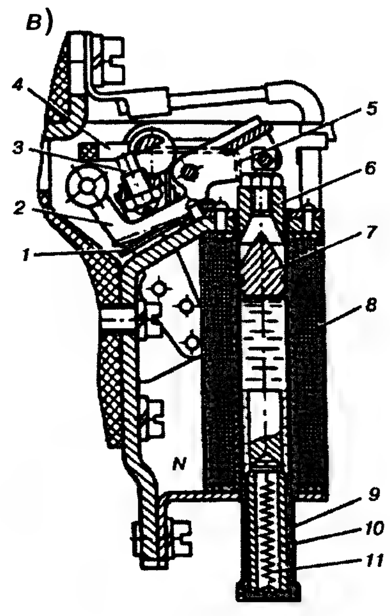


Рис. 4.14. Автоматические выключатели:

а — типа АК50-3МГ; *б* — его расцепитель; *в* — типа А63ЗМГ

при перегрузках и коротких замыканиях происходит независимо от того, удерживается ли рукоятка управления во включенном положении или нет. Для включения автоматического выключателя необходимо рукоятку сначала перевести в выключенное положение для взвода механизма, а затем во включенное положение.



Продолжение рис. 4.14

Подвижные *1* и неподвижные *2* контакты представляют собой медные фигурные пластинки с напаянными контактами из металлокерамики на основе серебра. Траверса *3* имеет вид пластмассового барабана, в пазах которого размещены подвижные контакты. В период отключения траверса цилиндрической частью перекрывает открытую сторону дугогасительных камер *7*, что совместно с двойным разрывом силовой цепи в таких закрытых деионных камерах позволяет надежно гасить дугу значительных токов.

Максимальный расцепитель автоматического выключателя — это электромагнитная система с двумя подвижными частями (рис. 4.14, *б*): якорем *6* и плунжером *10*, являющимися частью общего магнитопровода. Внутри катушки *8* находится трубка *9*, в которую налита специальная кремнийорганическая жидкость, обеспечивающая некоторое замедление движения плунжера *10* при его подъеме вверх до упора *7*. Якорь *6* расцепителя притягивается к упору *7* в тот момент, когда плунжер, уменьшая сопротивление магнитопровода, создаст требуемое значение магнитной индукции в воздушном зазоре между упором *7* и якорем *6*. Этим обеспечивается выдержка времени (замедление) срабатывания расцепителя, обратно зависящая от тока нагрузки. При малых перегрузках притягивание якоря происходит в момент, когда плунжер *10*, растягивая пружину *11* и перемещаясь в жидкости, подходит к упору *7*. При больших токах пере-

грузки притягивание якоря происходит до подхода плунжера к упору. При токах отсечки (и бо́льших) плунжер остается на месте, так как величина магнитной индукции в воздушном зазоре достаточна для притягивания якоря. Для получения мгновенной отсечки при токах перегрузки кратностью свыше пяти в катушке *8* применяют дифференциальную обмотку. Усилие якоря *6* передается через коромысло *2* на рейку *4*, входящую в зацепление с винтом *3* рычага механизма управления. Возвращаются в первоначальное положение якорь и рейка с помощью пружин *1* и *5*. Выключатели с рассмотренными расцепителями (типа МГ с гидравлическим замедлением срабатывания) при температуре окружающего воздуха 20±5°С не срабатывают в течение 1 ч при токе 1,1 $I_н$ и срабатывают при токе 1,35 $I_н$ в течение не более 30 мин; при токе 6 $I_н$ (для выключателей с отсечкой 10 $I_н$) с выдержкой от 3 до 20 с и токе отсечки за время не более 0,04 ч. Выключатели АК50-3МГ допускают повторное включение через 90 с после отключения их под действием токов перегрузки и практически мгновенно при отключении токов короткого замыкания. Общее количество циклов не более 25000.

На вагонах с централизованным электроснабжением напряжением 380 В для защиты от коротких замыканий и перегрузок применяются автоматические выключатели (автоматы) типа А63М и А63МГ.

Автоматические выключатели типа А63МГ (рис. 4.14, *в*) состоят из: расцепителя *1*, механизма управления *2*, крышки *6*, дугогасительной решетки *7*, выводных зажимов *8* и корпуса *9*.

Крышка и корпус выполнены из пластмассы. Механизм управления обеспечивает мгновенное замыкание и размыкание контактов независимо от скорости нажатия рукоятки *4* включения выключателя. При токах перегрузки и коротком замыкании выключатель автоматически отключается. Рукоятка занимает среднее положение. Для включения выключателя после автоматического срабатывания сначала рукоятку нужно отвести в нижнее положение, а затем уже в верхнее.

Чтобы автоматический выключатель не срабатывал при кратковременных перегрузках, его расцепитель снабжен гидравлическим замедлителем. Замедлитель представляет собой электромагнитную систему клапанного типа с двумя подвижными частями — якорем *11* и плунжером *15*. Плунжер с пружиной *16*

размещается в заполненной жидкостью трубке *14*, которая служит сердечником катушки *13*. При коротком замыкании в защищаемой выключателем цепи плунжер *15* под действием сильного магнитного поля катушки *13*, обтекаемой током короткого замыкания, быстро перемещается по трубке *14* вверх. В результате его перемещения сопротивление магнитной цепи уменьшается, индукция в воздушном зазоре быстро растет. Как только она достигает определенной величины, якорь *11* притягивается к полюсному наконечнику *12* и нажимает на расцепитель. Расцепитель освобождает рычаг *5*, а тот, в свою очередь, механизм управления *2*. Под действием отключающей пружины *3* подвижной контакт *10* размыкается. Когда по катушке протекает номинальный ток, ее намагничивающая сила невелика и плунжер в движение не приходит. При кратковременной перегрузке плунжер приходит в движение, но движется замедленно, и якорь за время действия перегрузки не успевает замкнуться. В случае длительной перегрузки плунжер медленно поднимается вверх, через определенное время якорь притягивается, и выключатель разрывает цепь тока.

Минимальный расцепитель действует независимо от максимальных расцепителей и отключает автомат при падении напряжения более 70–35% номинального значения. Минимальный расцепитель не позволяет включить автомат при отсутствии напряжения в разомкнутой цепи блокировки его катушки, так как якорь *12* будет держать устройство *10* в расцепленном состоянии.

Автоматические выключатели выполняют в виде герметичного аппарата, наружу которого выведена рукоятка или рычаг для включения и отключения автомата.

На 5-вагонных секциях БМЗ широко используют трехполюсные автоматические выключатели типа АК-50-3МГ, рассчитанные для цепей переменного тока напряжением 400 В на номинальный ток нагрузки 50, 30, 15, 8 и 2,5 А. Однополюсный выключатель типа А63-1МГ предназначен для цепей переменного тока напряжением 220 В при токе нагрузки до 16 А.

Автоматические выключатели А3134, А3124, применяемые на 5-вагонных секциях БМЗ, имеют обычные расцепители, рассчитанные на токи отсечки соответственно 1000 и 800 А при номинальных токах нагрузки 150 и 100 А.

4.2. Защита электрооборудования вагонов от коммутационных перенапряжений

При резких изменениях тока в цепях оборудования (рис. 4.15), обладающих большой индуктивностью $L_н$ (обмотки генераторов, электродвигателей и др.), возникает значительная ЭДС самоиндукции $e_L = -e_L d_i/dt$. При отключениях таких устройств или разрывах их цепи аппаратами токовой защиты в аварийных режимах ЭДС самоиндукции направлена согласно с приложенным к нему напряжением U источника электрической энергии. В результате в момент t_1 начала отключения на отдельных участках системы электроснабжения, например на нагрузке $R_н$, возникают большие перенапряжения $U_{макс} = U + e_L$, которые называются коммутационными перенапряжениями.

Длительность воздействия коммутационного перенапряжения на элементы электрооборудования зависит от свойств и продолжительности горения электрической дуги между контактами коммутационного аппарата K, осуществляющего отключение тока i.

Значительные и длительные коммутационные перенапряжения могут привести к пробою изоляции отдельных электрических устройств или выходу из строя ламп накаливания в цепях освещения.

Для предотвращения коммутационных перенапряжений элементы электрической цепи, обладающие большой индуктивнос-

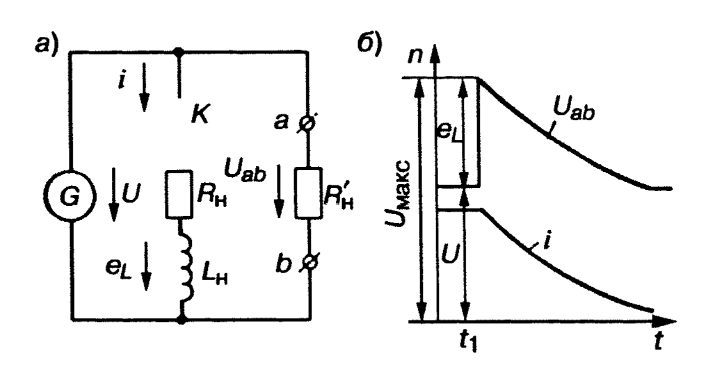


Рис. 4.15. Схема возникновения коммутационных перенапряжний (*а*) и графики изменения тока и напряжения при отключении цепи (*б*)

тью, шунтируют диодом *V1* (рис. 4.16, *а*). В этом случае в момент отключения коммутационным аппаратом К нагрузки $R_н$–$L_н$ по замкнутому контуру нагрузка — диод *V1* под действием ЭДС самоиндукции e_L начинает протекать ток i_k, и энергия, запасенная в индуктивности $L_н$, рассеивается в сопротивлении $R_н$ данного устройства и диоде. В результате предотвращается возникновение перенапряжений, обусловленных ЭДС самоиндукции e_L. Этот способ широко используется для уменьшения перенапряжений, возникающих при отключении электрических цепей, подающих питание на катушки различных реле и контакторов; параллельно этим катушкам включают диоды.

Другим способом предотвращения коммутационных перенапряжений, возникающих в аварийных режимах в результате индуктирования ЭДС самоиндукции e_L в обмотке якоря *ОЯ* генератора, является подключение параллельно нагрузке $R_н$ с помощью тиристора *V2* (по сигналу датчика напряжения *Д*) низкоомного добавочного резистора *R1* (рис. 4.16, *б*). Включение резистора *R1* приводит к уменьшению возникающего перенапряжения в отношении r_2/r_1, где r_1 и r_2 — сопротивления контура, по которому протекает ток *i* переходного процесса без добавочного резистора *R1* и при его включении. В первом случае $r_1 = R_я + R_н$, а во втором $r_2 = R_н R_1/R_н + R_1$, т.е. из-за малого сопротивления резистора *R1* становится значительно меньше, чем r_1.

В схеме защиты от коммутационных перенапряжений, применяемой в системе ЭВ-10 (рис. 4.17), используют два рассмотренных выше способа.

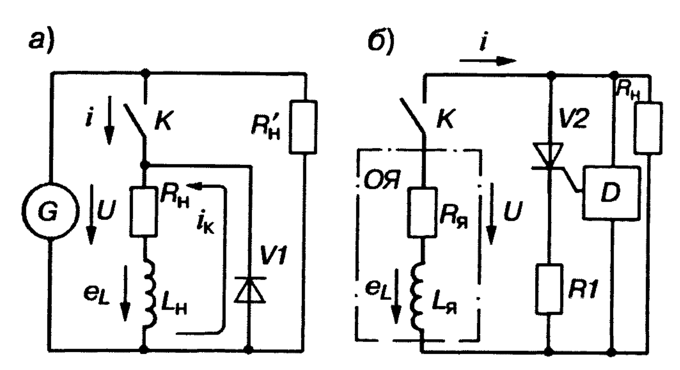


Рис. 4.16. Схемы защиты электрических цепей от коммутационных перенапряжений

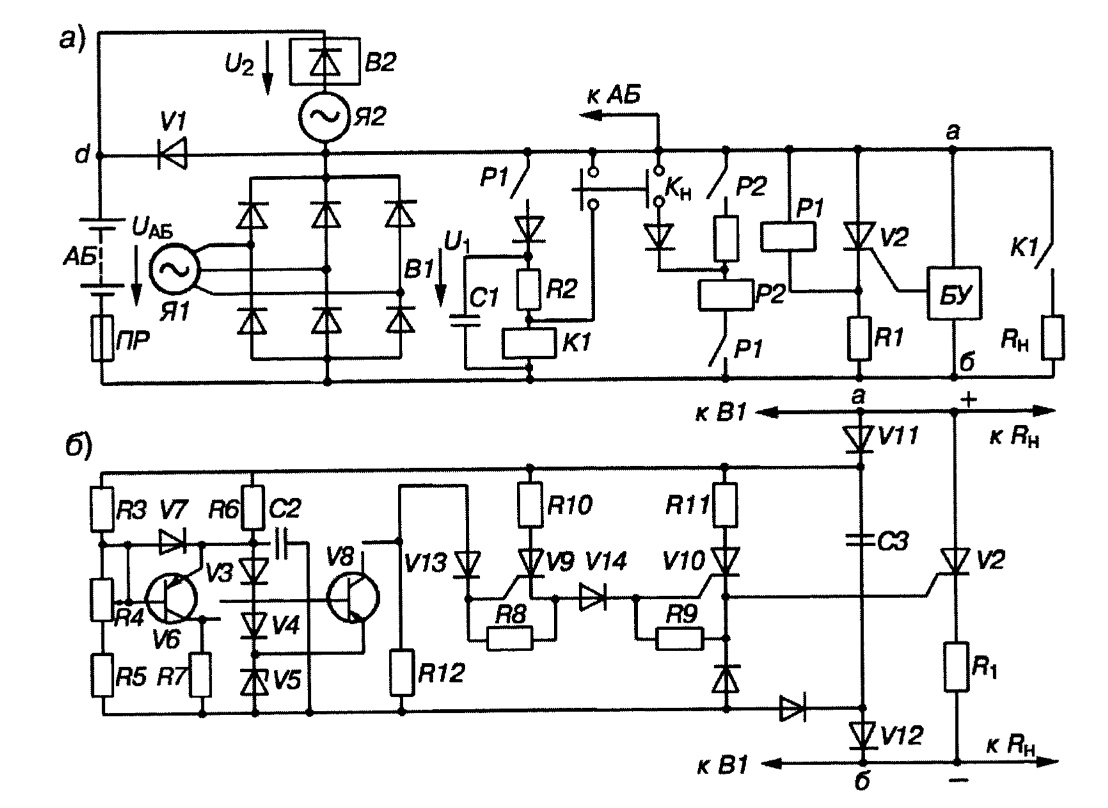


Рис. 4.17. Упрощенные схемы защиты от коммутационных перенапряжений (*а*) и блока управления тиристорной защитой (*б*)

Выпрямитель *В1*, к которому подключена обмотка якоря *Я1*, шунтируется последовательно соединенными диодом *V1* и аккумуляторной батареей *АБ*. В установившемся режиме диод *V1* не проводит ток, так как зарядное напряжение $U_{АБ}$ на аккумуляторной батарее, равное сумме напряжений $U_1 + U_2$ на выходах выпрямителей B_1 и B_2, больше, чем U_1, и к диоду *V1* приложено отрицательное напряжение. При отключении части нагрузки $R_н$ возникает перенапряжение. Однако оно ограничено зарядным напряжением $U_{АБ}$ аккумуляторной батареи. Как только перенапряжение превысит $U_{АБ}$, диод *V1* начинает проводить ток и потенциалы точек *a* и *d* становятся практически равными. При этом энергия, запасенная в индуктивности обмотки якоря *Я1*, передается в аккумуляторную батарею. Следовательно, перенапряжение не может превысить $U_{АБ}$.

В некоторых аварийных ситуациях, связанных с обрывом цепи, шунтирующей основную обмотку якоря *Я1* генератора, подключенную к выпрямителю *В1*, диод *V1* перестает выполнять свои защитные функции. В этих случаях длительность коммутационных перенапряжений ограничивается с помощью быстродействующей тиристорной защиты. Тиристор защиты *V2* подключен через низкоомный резистор *R1* параллельно выходу основного выпрямителя *В1*. Управление тиристором *V2* осуществляется от блока управления *БУ*, который контролирует напряжение на нагрузке $R_н$.

При возникновении перенапряжения, превышающего напряжение $U_{АБ}$ аккумуляторной батареи, по команде от блока *БУ* через несколько десятков микросекунд включается тиристор *V2*, который подключает параллельно цепям нагрузки резистор *R1*, при этом резко уменьшается возникающее перенапряжение. После включения тиристора *V2* нагрузка автоматически отключается от основного выпрямителя *В1*. Для этой цели используется реле *Р1*, катушка которого замыкается накоротко тиристором *V2*. При отключении реле *Р1* его контакты отключают цепи питания катушек контактора *К1* и реле *Р2*. Контактор *К1* отключает нагрузку $R_{нот}$ генератора, а реле *Р2* разрывает цепь питания обмотки возбуждения генератора, вследствие чего уменьшается напряжение на выходе основного выпрямителя *В1*.

Для улучшения условий работы контактора *К1* и исключения дополнительных коммутационных перенапряжений контактор *К1* отключается с выдержкой времени по отношению к моменту

отключения реле *P2*, для чего катушка контактора *K1* и резистор *R2* шунтируются конденсатором *C1*. Постоянная времени цепи *R2–C1* выбирается таким образом, чтобы отключение контактора *K1* происходило после того, как существенно уменьшаются напряжение на выходе выпрямителя *B1* и ток нагрузки. После отключения контактора *K1* снимается напряжение с защитной цепи «тиристор *V2*-резистор *R1*» и тиристор *V2* восстанавливает свои запирающие свойства. После устранения неисправности, вызвавшей срабатывание тиристорной защиты, работоспособность схемы может быть восстановлена нажатием кнопки $K_н$. При этом реле *P2* и контактор *K1* включаются, замыкается цепь питания обмотки возбуждения генератора, нагрузка $R_н$ и защитная цепь подключаются к основному выпрямителю.

Блок управления *БУ* тиристорной защиты состоит из двух узлов: измерения напряжения на выходе нагрузки и усилителя. Узел состоит из измерительного моста, первые два плеча которого образуют последовательно включенные резисторы *R3*, *R4* и *R5*, а вторые — последовательно включенные резистор *R6*, диоды *V3, V4* и стабилитрон *V5*. Параллельно цепи *V3-V4-V5* подключен конденсатор *C2*. В диагональ моста включен переход эмиттер-база транзистора *V6* и защитный диод *V7*. Коллектор транзистора *V6* через резистор *R7* соединен с минусовым проводом. Усилитель блока *БУ* выполнен на транзисторе *V8* и тиристорах *V9* и *V10*.

Блок *БУ*, подключенный через развязывающие диоды *V11* и *V12* параллельно цепям нагрузки к точкам *а* и *б*, работает следующим образом. Параметры элементов узла измерения выбраны так, чтобы в нормальном режиме потенциал эмиттера транзистора *V6* был выше потенциала базы, поэтому транзистор *V6* открыт, а к переходу эмиттер-база транзистора *V8* приложено напряжение, равное падению напряжения на диодах *V3* и *4,* и транзистор *V8* закрыт. В результате отсутствия транзистора *V8* приложено напряжение, равное падению напряжения на диодах *V3* и *V4*, и транзистор *V8* закрыт. В результате отсутствия питания в цепях управления тиристоры *V9* и *10* закрыты и сигнал на включение тиристора *V2* защиты отсутствует.

Допустимый уровень перенапряжения в цепях нагрузки (между точками *а* и *б*), при превышении которого с выхода блока управления подается команда на включение тиристора защиты *V2*, устанавливается соответствующим подбором сопротивлений

резисторов *R3*, *R4* и *R5* и может изменяться с помощью регулируемого резистора *R4*, к которому подключена база транзистора *V6*. При возникновении перенапряжения потенциал базы транзистора *V6* изменяется практически мгновенно, а потенциал эмиттера измениться скачком не может, так как этому препятствует конденсатор *C2*. Следовательно, потенциал базы транзистора *V6* становится выше потенциала эмиттера, и он запирается. В результате база транзистора *V8* через резистор *R7* подключается к минусовому проводу и оказывается под меньшим потенциалом, чем эмиттер транзистора *V8*, соединенный со стабилитроном *V5*. Транзистор *V8* открывается и на управляющий электрод тиристора *V2* по цепи плюс источника питания-диод *V11*-резистор, *R6*-диоды *V3*, *V4*-эмиттерно-коллекторный переход транзистора *V8*-диод *V13*-управляющий электрод-катод тиристора *V9*-диод *V14*-управляющий электрод-катод тиристора *V10* подается отпирающий импульс напряжения. При этом тиристор *V9* включается, шунтируя часть указанной цепи и облегчая включение тиристора *V10*, который в свою очередь надежно включает тиристор защиты *V2*. Рассмотренный блок управления обеспечивает достаточное быстродействие защиты от коммутационных перенапряжений.

4.3. Защита электрооборудования от повышения и понижения напряжения

При нормальной работе регулятор напряжения генератора автоматически поддерживает некоторое среднее значение тока возбуждения генератора, соответствующее его частоте вращения *n* и нагрузке. В аварийных режимах, связанных с выходом из строя РНГ, автоматическое регулирование генератора прекращается и его напряжение может резко увеличиваться вследствие протекания по обмотке возбуждения большого тока. В тиристорных регуляторах этот режим возникает из-за неисправностей, при которых тиристор остается все время во включенном состоянии. В угольных регуляторах это может произойти, например, при обрыве цепи обмотки электромагнита, в результате чего сопротивление угольных столбов будет наименьшим.

Для предотвращения недопустимого длительного повышения

напряжения, подводимого к вагонным потребителям в аварийных ситуациях, предусмотрена специальная защита. При увеличении напряжения сверх допустимого уровня (уставки) она разрывает цепь питания обмотки возбуждения генератора, вследствие чего магнитный поток машины и напряжение генератора уменьшаются. Схема защиты должна быть выполнена так, чтобы повышенное напряжение было ограничено по величине и длительности и не снижало надежность работы электрооборудования (сокращается срок службы ламп накаливания, происходит более интенсивное старение изоляции электрических машин, аппаратов и пр.). Защита не должна также реагировать на кратковременные коммутационные перенапряжения до (1,2–1,4) $C_{ном}$ при отключении части нагрузки, так как такие перенапряжения практически не оказывают отрицательного влияния на работоспособность потребителей. Для выполнения этих требований защита должна вступать в действие при повышении напряжения до 1,2 $U_{ном}$ с некоторой выдержкой времени, которая выбирается несколько большей, чем длительность коммутационных перенапряжений, с целью исключения ложных срабатываний защиты. Однако при увеличении напряжения до (1,5–1,7) $U_{ном}$ защита должна срабатывать с высоким быстродействием. В системе электроснабжения ЭВ-10 применена электронная схема защиты от повышения напряжения (рис. 4.18).

Защита состоит из двух основных узлов: измерения и формирования команды (*УИК*) и исполнительного органа. Исполнительный орган защиты состоит из усилителя *У*, электромагнитного реле *Р1* и контактора *К1*, включенного в цепь обмотки возбуждения генератора. На вход *УИК* подается напряжение генератора *G*, выпрямленное диодами *V1–V3* и диодами минусовой группы силового выпрямителя *В1* и сглаженное фильтром *R1—C1*. Измерительным элементом *УИК* служит нелинейный мост, плечи которого состоят из резисторов *R2–R4*, образующих датчик напряжения, а также из резистора *R5* и стабилитрона *V4*. Орган формирования команды состоит из двух блоков: уставки напряжения, блока сравнения и реле времени *РВ*. Блок сравнения выполнен на двух транзисторах *V5* и *V6*, эмиттерно-базовые переходы которых включены в диагональ моста, образованного резисторами *R2–R5* и стабилитроном *V4*. Использование двух транзисторов, базы которых подключены к общей точке *k* с фиксированным за счет использования стабилитрона

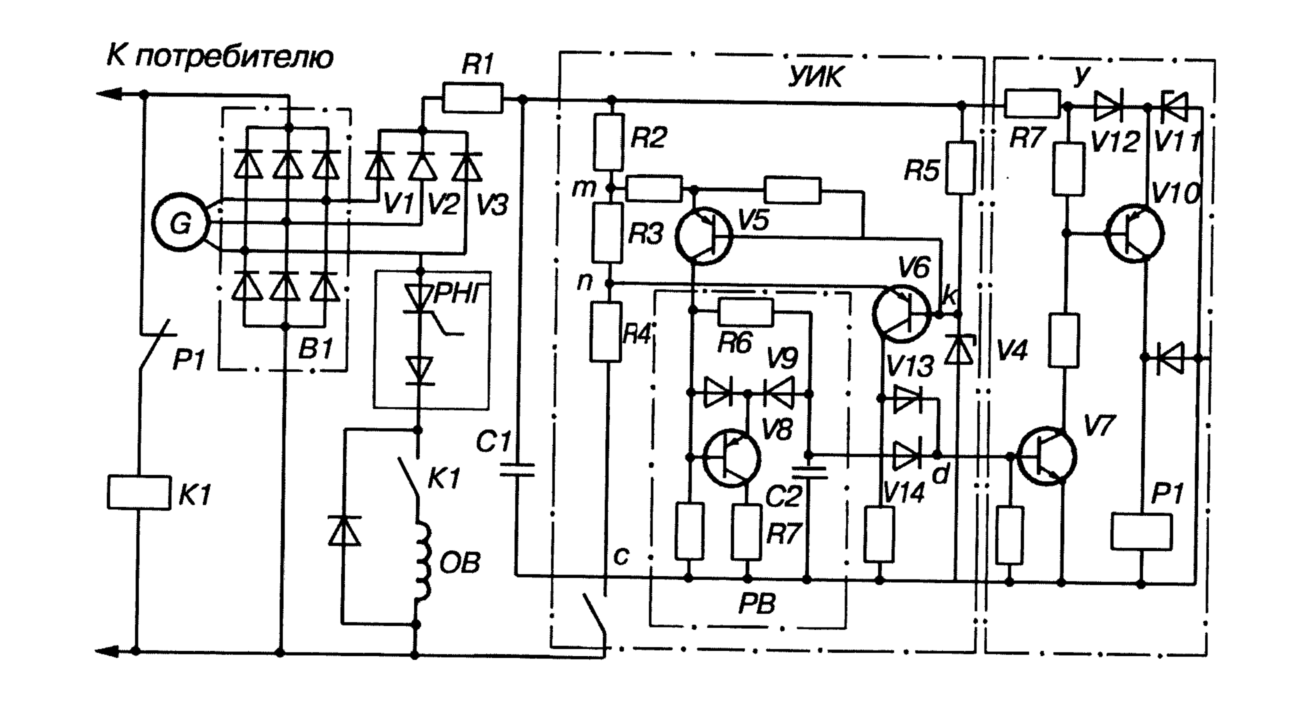


Рис. 4.18. Упрощенная схема защиты электрооборудования от повышения напряжения в системе электроснабжения ЭВ-10

V4 потенциалом, а эмиттеры — к разным точкам (*m* и *n*), позволяет получить две уставки напряжения срабатывания защиты U_{y1} = 60 В и U_{y2} = 80±5 В. Сопротивления резисторов *R2–R4* подбираются таким образом, что напряжение U_{mc} между точками *m* и *c* было больше напряжения U_{nc} между точками *n* и *c*. В нормальном режиме работы системы электроснабжения, когда напряжение на выходе генератора *U* меньше напряжений U_{y1} и U_{y2} уставок защиты, напряжения U_{mc} и U_{nc} меньше напряжения U_{kc} между точками *k* и *c*. Поэтому потенциалы эмиттеров транзисторов *V5* и *V6* ниже, чем потенциал их объединенных баз, и они выключены. При возникновении аварийного режима и повышении напряжения генератора до U_{y1}, при котором $U_{nc} > U_{kc}$, потенциал точки *m* становится выше потенциала точки *k*, и транзистор *V5* включается. Если напряжение возрастает до U_{y2}, при котором $U_{nc} > U_{kc}$, потенциал точки *n* превысит потенциал точки *k* и происходит включение транзистора *V6*. Сигнал с транзистора *V6* поступает непосредственно на вход *d* усилителя *У* исполнительного органа, что приводит к быстрому срабатыванию защиты. С транзистора *V5* сигнал поступает на этот же вход через реле времени *РВ*, обеспечивающее необходимую выдержку времени для срабатывания защиты. Реле времени *РВ* выполнено на транзисторе *V8* и активно-емкостной цепи *R6–C2*. Действует это реле следующим образом. При включении транзистора *V5* через резистор *R6* начинается заряд конденсатора *C2*. Параметры цепи *R6–C2* рассчитываются таким образом, чтобы напряжение на конденсаторе *C2* достигало уровня, при котором происходит переключение транзистора *V7* усилителя *У*, с выдержкой времени Δt по отношении к моменту повышения напряжения генератора до U_{y1} и включения транзистора *V5*. Если длительность перенапряжения меньше выдержки времени Δt (при коммутационных перенапряжениях), то сигнал в исполнительный орган не поступает. При указанном условии в момент, когда напряжение генератора становится ниже *Uli*, открывается транзистор *V8* и конденсатор *C2* быстро разряжается по цепи *C2–V9–V8–R7*. В результате включения транзистора *V8* защита не сработает.

Усилитель *У* введен в схему защиты для того, чтобы органы измерения и формирования команды можно было выполнить на элементах небольшой мощности, что способствует повышению точности работы защиты и уменьшению габаритных размеров и массы *УИК*. Усилитель выполнен на транзисторах *V7*, *V10* и

реле *P1*. Напряжение питания усилителя поддерживается на требуемом уровне стабилитроном *V11*, в цепь которого включен балластный резистор *R7*. С помощью диода *V12* поддерживается запирающий потенциал на базе транзистора *V10* в его закрытом состоянии, что предотвращает ложные переключения. Сигнал в усилитель *У* поступает по двум каналам через транзистор *V6* или от реле времени *PB*. Для развязки этих каналов используются диоды *V13* и *V14*. При появлении необходимого сигнала на входе *d* усилителя *У* транзистор *V7*, а затем *V10* включаются, что приводит к срабатыванию промежуточного реле *P1*. Размыкающий контакт реле *P1* разрывает цепь питания катушки контактора *K1*. При его выключении разрывается цепь питания обмотки возбуждения *ОВ* генератора, обеспечивая защиту потребителей электрической энергии от повышения напряжения при отказе в работе тиристорного регулятора РНГ.

Блок реле максимального напряжения

Напряжение в системе электроснабжения вагона, несмотря на стабилизирующее действие регулятора, не может всегда оставаться жестко стабилизированным. При отключении мощных потребителей и особенно цепей с индуктивностью напряжение кратковременно возрастает, возникают коммутационные перенапряжения. Чем больше мощность отключаемых потребителей и чем больше их индуктивность, тем больше перенапряжения. Защитную роль в предупреждении появления опасных перенапряжений играет аккумуляторная батарея, которая имеет малое внутреннее сопротивление (0,1–0,2 Ом), и наличие ЭДС, направленной против напряжения генератора. При возникновении перенапряжений свыше ЭДС аккумуляторной батареи, через нее протекает большой импульс тока (зарядного) и это предупреждает возрастание до опасных значений перенапряжений. Аккумуляторная батарея действует так же, как разрядник, защищающий систему электроснабжения вагона в целом. Некоторые катушки реле, полупроводниковые элементы для защиты от перенапряжений шунтируются резисторами, диодами, конденсаторами, стабилитронами. Но эти все средства действуют только при кратковременных перенапряжениях. Однако при повреждении регулятора (например, при пробое главного тиристора) напряжение устойчиво и длительно возрастает и через батарею протекает большой ток (до нескольких сотен ампер).

Реле максимального напряжения РМН (рис. 4.19) предназначено для разрыва цепи обмотки возбуждения генератора при появлении длительных повышений напряжений. РМН работает на принципе непрерывного контроля напряжения сети вагона. В случае превышения установленного значения, РМН срабатывает и своими контактами разрывает цепь питания обмотки возбуждения и замыкает цепь лампы, сигнализирующей о срабатывании РМН. Реле максимального напряжения не должно самовосстанавливаться, так как в этом случае оно попадало бы в звонковый режим работы. Поэтому используется поляризованное реле, которое может быть восстановлено только при протекании через его обмотку тока в противоположном направлении и при условии, что в генераторе при восстановлении РМН не возникнет повторных перенапряжений. Главным исполнительным элементом РМН является реле *d1* (рис. 4.20), находящееся при нормальном напряжении в обесточеном состоянии. Реле возбуждается и срабатывает в том случае, если цепь его питания замыкается транзистором *p104*, когда на его базу подается отрицательный потенциал. Реле имеет размыкающие контакты *d1/1*, *d1/2*, которыми размыкается цепь обмотки возбуждения при срабатывании РМН, и замыкающий контакт *d1/3*, которыми замыкается цепь сигнальной лампы.

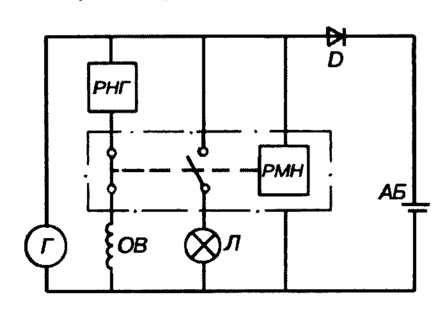


Рис. 4.19. Принципиальная схема реле максимального напряжения

Для снижения коммутационных перенапряжений и уменьшения искрения при размыкании цепи контакты шунтированы резистором *r2* и конденсатором *k1*. Напряжение генератора подводится к зажимах *2* и *6*, к которым через диоды *n202* и *n101* подсоединена измерительная цепь, состоящая из 4-х резисторов *r201*, *r202*, *r101*, *r102*. Напряжение контролируется транзистором *p101*, база которого через стабилитрон подсоединена к измерительной цепи. В схеме РМН установлены три кремниевых и один германиевый *p104* транзисторы. Для открытия кремниевого транзистора на его базу нужно подать положительный потен-

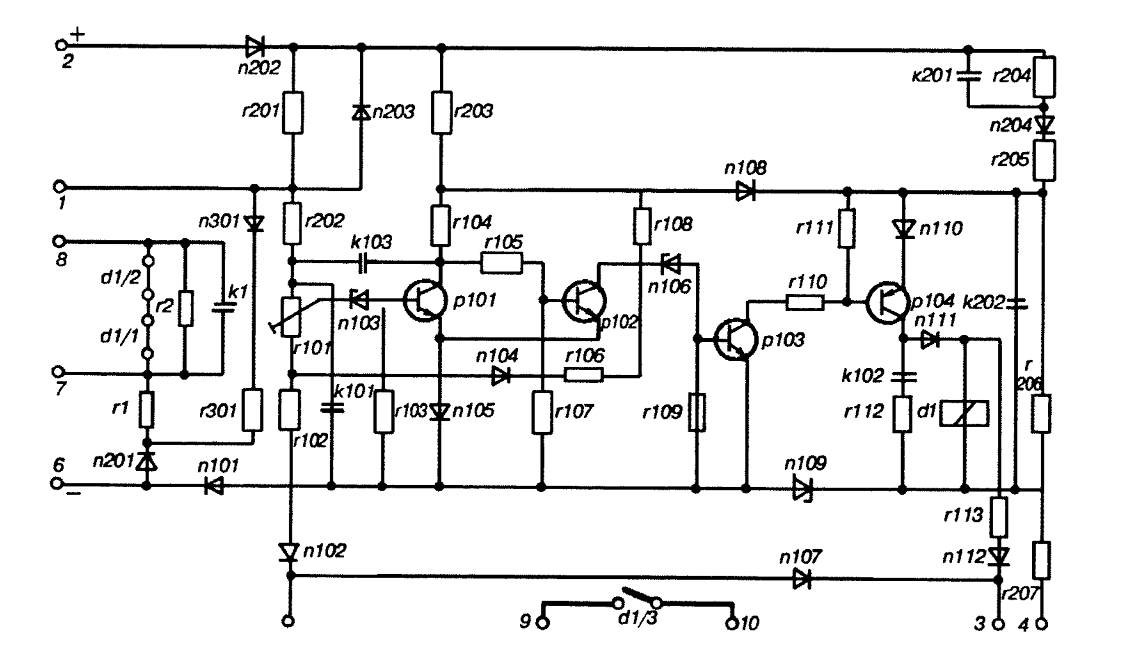


Рис. 4.20. Схема блока реле максимального напряжения

циал, а германиевого транзистора — отрицательный. Если напряжение в сети превосходит напряжение уставки стабилитрон *n103* пропускает положительный потенциал на базу транзистора *p101*, он открывается и закрывает транзистор *p102*, который при нормальном рабочем напряжении всегда остается открытым. Закрытие транзистора *p102* вызывает открытие транзисторов *p103* и *p104*. Последним замыкается цепь реле *d1* (диод *n110*-транзистор *p104*-диод *n111*-реле *d1*), через которое потечет ток срабатывания в направлении сверху вниз). Контакты реле разрывают цепь обмотки возбуждения генератора и замыкают цепь сигнальной лампы, подсоединенной к зажимам *9* и *10*. Напряжение генератора снижается до значения, не превосходящего 30–40 В, что обусловлено остаточным магнитным потоком в генераторе. Для быстрого и надежного срабатывания реле в схеме РМН установлен накопительный конденсатор *r202*. После короткого замыкания главного тиристора регулятора напряжение генератора за 200 мс до размыкания контактов РМН увеличивается с 135 до 154 В, а ток аккумуляторной батареи возрастает с 128 до 340 А. После размыкания контактов РМН напряжение снижается, через 200 мс достигает первоначального значения, а через 800 мс становится меньше 50 В.

Перевести контакты реле в исходное положение можно, если через обмотку реле *d1* пропустить ток в обратном направлении. На вагоне 47К/к, где установлен генератор постоянного тока, это можно выполнить при неподвижном вагоне и наличии напряжения на аккумуляторной батарее. Для восстановления РМН нужно нажать кнопку *1b6* (рис. 4.21, *а* и 4.22). При этом на зажим *3* подключается плюсовой вывод генератора, а на зажим *4* плюсовой вывод батареи. Напряжения генератора и аккумуляторной батареи направлены встречно (см. рис. 4.22). Для того чтобы произошло восстановление реле, необходимо, чтобы напряжение аккумуляторной батареи было больше напряжения генератора. Поэтому восстановить РМН можно во время остановки вагона или при движении с небольшими скоростями (10–20 км/ч). В этих условиях при нажатии на кнопку *1b6* через реле *d1* потечет ток снизу вверх по цепи: батарея-кнопка *1b6*-резистор, *r207*-реле, *d1*-резистор, *r113*-диод, *n112*-кнопка, *1b6*-«плюс»генератора-«минус» генератора-батарея. Резистор *r207* и стабилитрон *n109* ограничивают напряжение возврата реле *d1*. На вагонах-ресторанах, где установлен генератор переменного

Рис. 4.21. Схема включения блока РМН:

а — на вагонах с генератором постоянного тока; *б* — на вагонах с генератором переменного тока

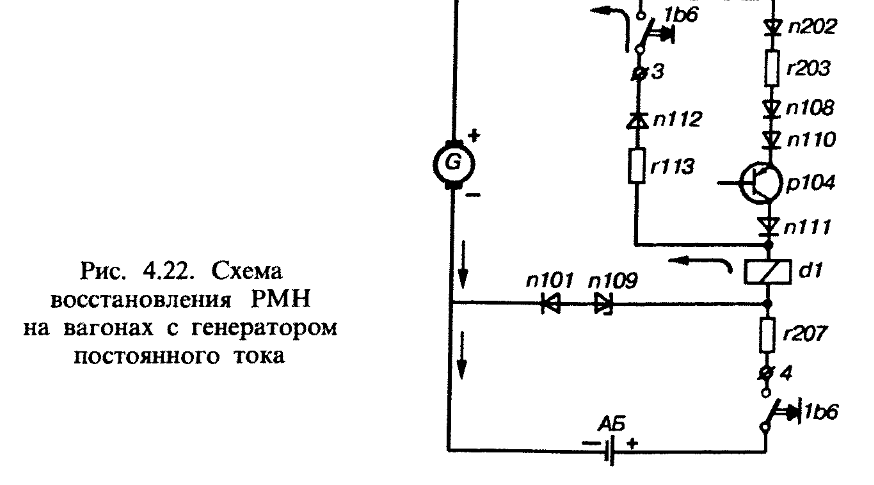


Рис. 4.22. Схема восстановления РМН на вагонах с генератором постоянного тока

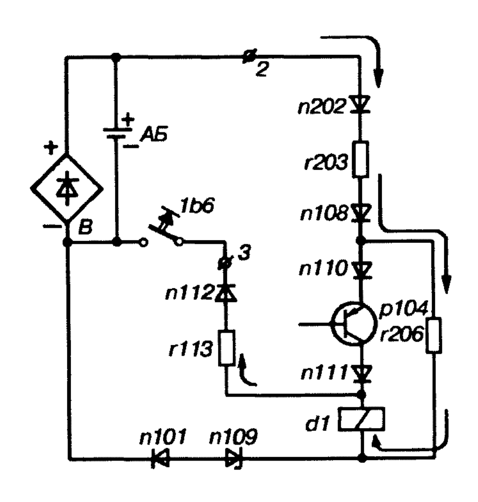


Рис. 4.23. Схема восстановления РМН на вагонах с генератором переменного тока

тока с выпрямителем, реле *d1* восстанавливается по другой схеме (рис. 4.21, *б* и 4.23). При нажатии кнопки *1b6* зажим *3* реле максимального напряжения соединяется с минусом батареи и выпрямителя. В этом случае РМН может восстанавливаться и при высокой скорости движения вагона. Однако восстанавливать реле следует во время остановки или небольшой скорости движения во избежание повторного срабатывания РМН, которое может произойти из-за быстрого увеличения напряжения генератора при быстром нарастании тока возбуждения.

Для проверки работоспособности РМН как во время стоянки, так и во время движения вагона предусмотрена кнопка *1b7* (см. рис. 4.21). При нажатии на кнопку контролируемое напряжение подается на зажим *1*. В результате этого резистор *r201* (см. рис. 4.20) измерительной цепи оказывается замкнутым накоротко, напряжение на стабилитроне *n103* увеличивается, и он становится токопроводящим. Транзистор *p101* открывается, процесс продолжается в том порядке, как это выше было написано, и реле *d1* срабатывает. Загорание лампы сигнализирует о работоспособности РМН. Если при нажатии на кнопку лампа не загорается, РМН неисправно. Для надежной работы электрооборудования вагона большое значение имеет правильный выбор уставки РМН. Для исключения случайных, ложных срабатываний уставка должна быть как можно выше номинального напряжения. Но если уставку сделать намного превышающей рабочее напряжение, то появляется широкая, опасная для электрооборудования мертвая зона, в которой оборудование работает при повышенном напряжении, а защита не срабатывает. Появление в сети вагона повышенного напряжения может быть

при неисправностях в регуляторе напряжения (например, пробой главного тиристора или отказ в системе управления гасящего тиристора и т.д.). Это напряжение может длительно сохранятся при движении вагона со скоростями 35–45 км/ч, оборудование должно быть рассчитано на работу во всем диапазоне напряжений и токов, ограниченном устройствами защиты. Следовательно, если выбрать высокую установку РМН, то оборудование должно быть рассчитано на более широкий диапазон напряжения вплоть до установки РМН. Такое оборудование будет тяжелым и дорогим. Если установку РМН выбрать низкой, то появляется опасность ложных срабатываний. Для надежной и стабильной работы РМН при небольших скоростях движения установку целесообразно снижать, а при высоких скоростях несколько повышать. Для этого в блок РМН подключена цепочка, состоящая из резистора *r301* и диода *п301*. При небольших скоростях движения вагона ток возбуждения генератора и падение напряжения на ней больше чем при высоких скоростях. По цепи резистор *r201*-диод *п301*-резистор *r301*-резистор *r1*-вывод *7*-обмотка возбуждения протекает ток, величина которого зависит от тока в обмотке возбуждения. С увеличением тока возбуждения ток в этой цепи уменьшается, т.е. уменьшается и в резисторе *r201* измерительной цепи. Уменьшение тока и падение напряжения на резисторе *r201* увеличивает падение на резисторах *r202*, *r101*, *r102*, т.е. увеличивает напряжение, подаваемое на стабилитрон *п103*, что, в свою очередь, равнозначно снижению установки срабатывания РМН.

Особенности конструкции. Все элементы РМН смонтированы на плите *7* (рис. 4.24) из стального оцинкованного листа размером 300×150мм. Там же установлены проволочные резисторы *1* и *2*, блоки управления *5* и *8*, реле *4*, конденсатор *12*, рейка *9* с плоскими зажимами для подсоединения проводов, два болтовых зажима *11*, рассчитанных на большой ток. Полупроводниковые элементы схемы управления смонтированы на печатных платах *6*, вставляемых в нижние резиновые части блоков. Зажимы легко доступны для припайки проводов с задней стороны блоков управления. Для защиты элементов блоков от пыли и других воздействий внешней среды они с передней стороны прикрыты пластмассовыми колпачками *3*. При помощи резиновых деталей блоки крепятся к основной плите. Весь блок РМН в пульте управления закреплен тремя болтами *10*.

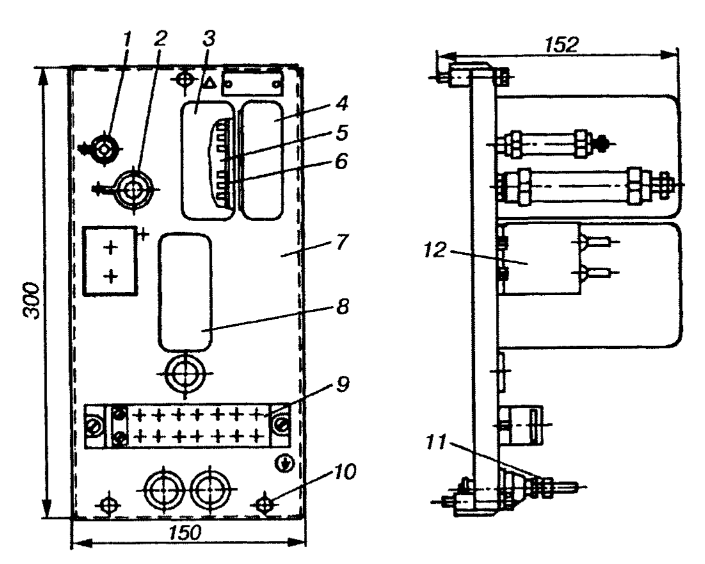


Рис. 4.24. Блок реле максимального напряжения

Паспортные данные РМН

Тип	2450.052
Номинальное напряжение, В	110
Диапазон рабочего напряжения, В	75–150
Максимально потребляемая мощность при наибольшем напряжении меньше, Вт	6
Максимальный ток отключения, А	8
Время действия не более, мс	50
Допускаемое отклонение установки, %	±2,5

Защита аккумуляторной батареи от чрезмерного разряда в системе ЭВ-10

Для предотвращения недопустимого разряда аккумуляторной батареи предусмотрена специальная защита (рис 4.25), которая при уменьшении напряжения на батарее ниже допустимого предела $U_{мин}$ отключает автоматически мощные вагонные потребители от аккумуляторной батареи. В системах электроснабжения ЭВ-10 основным элементом схемы защиты является реле РПН. Его катушка получает питание от аккумуляторной батареи че-

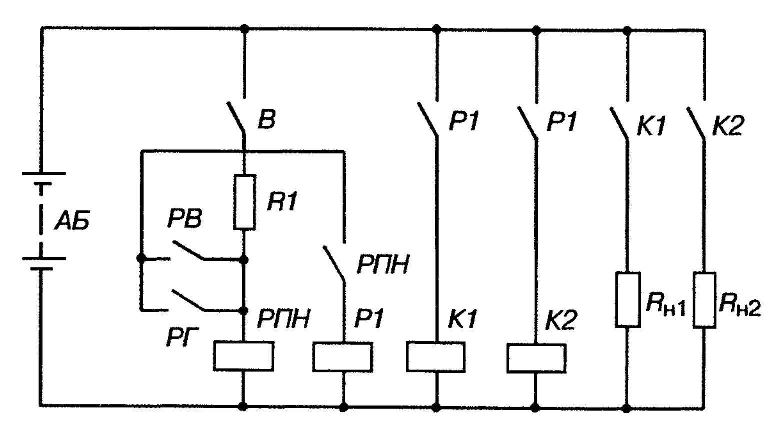


Рис. 4.25. Упрощенная схема защиты аккумуляторной батареи от чрезмерного разряда

рез выключатель *В* и резистор *R1*. Сопротивление резистора выбирается таким образом, чтобы при $U_{АБ} = U_{мин} = 40$ В ток в катушке РПН был ниже тока удержания и реле отключалось. При возникновении аварийной ситуации, когда $U_{АБ} < U_{мин}$, реле РПН отключается и разрывает цепь питания промежуточного реле *Р1*, контакты которого размыкают цепи питания катушек контакторов *К1* и *К2*, последние отключают вагонные потребители $R_{н1}$, $R_{н2}$ от аккумуляторной батареи.

Для предотвращения отключения реле РПН при кратковременном уменьшении напряжения на аккумуляторной батарее во время пуска на стоянке двигателя преобразователя люминесцентного освещения в схему защиты введены контакты реле времени *РВ*, которое включается одновременно с пуском этого двигателя; при этом один из его контактов шунтирует резистор *R1*, в результате чего изменяется уставка срабатывания РПН. При работе генераторов (при движении поезда) резистор *R1* шунтируется контактами реле *РГ*, что предотвращает отключение реле РПН при включении мощных потребителей.

Реле пониженного напряжения на вагонах немецкой постройки

Состояние аккумуляторной батареи, величина запасенного заряда определяются по напряжению батареи при различных

нагрузках. Если батарея разряжена, ее напряжение при нагрузке снижается до предельно низкого уровня. Дальнейший разряд сопровождается ускоренным уменьшением напряжения. Такой чрезмерный разряд батареи допускать нельзя, так как это может привести к повреждениям самой батареи, к прекращению электроснабжения цепей освещения, защиты и управления электроотоплением, цепей сигнализации. Кроме того, при разряженной батарее создаются условия для возникновения опасных режимов. Например, токи короткого замыкания при пониженном напряжении разряженной батареи меньше токов короткого замыкания заряженной батареи. Предохранители и автоматические выключатели при небольших токах короткого замыкания могут не сработать. Продолжительное протекание токов короткого замыкания создает опасные режимы для оказавшегося незащищенным оборудования вагона. При пониженном напряжении начинается неустойчивая, иногда звонковая работа контакторов и реле, что приводит к быстрому нагреву катушек и повреждению контакторов. Снижение напряжения батареи ниже допустимого уровня лишает вагон электроотопления, так как аппаратура управления становится неработоспособной. Для предотвращения чрезмерного разряда аккумуляторной батареи служит специальный электронный блок с электромагнитным реле, которое называют реле пониженного напряжения (РПН). В случае снижения напряжения до определенного уровня РПН срабатывает и отключает питание всех потребителей, кроме аварийного освещения, цепей управления, защиты и сигнализации. Кислотный аккумулятор считается полностью разряженным, если его напряжение снижается до 1,7 В при разряде пятичасовым током. Следовательно, в батарее, состоящей из 56 элементов, снижение напряжения до 1,7 В $\times$ 56 = 95 В (при малых нагрузках это напряжение выше 95 В) свидетельствует о полном разряде батареи. Однако для обеспечения определенного резерва уставка срабатывания выбирается несколько выше 101 В.

Во время включения мощных потребителей (двигателей компрессора, вентиляторов, преобразователя люминесцентного освещения) напряжение кратковременно снижается, иногда ниже уставки РПН. Для того чтобы исключить при этом срабатывание РПН, предусмотрена выдержка времени. Время выдержки определяется продолжительностью пусковых режимов. После срабатывания РПН и отключения мощных потребителей напря-

жение аккумуляторной батареи возрастает. Чтобы исключить звонковую работу РПН и потребителей, уставка напряжения для восстановления РПН делается на 20–30% выше напряжения срабатывания.

Обеспечить выполнение этих операций с помощью только электромагнитного реле является сложной задачей. Значительно проще это решается транзисторной схемой, которая управляет электромагнитным реле. Блок реле пониженного напряжения состоит из реле *d1* (рис. 4.26) и транзисторов со вспомогательными элементами. Если напряжение, подведенное к зажимам *1* и *11*, выше уставки, то транзисторы находятся в закрытом или открытом состоянии, и реле *d1* включено. Положение реле зависит только от состояния транзистора *и6*, играющего роль усилителя: если он открыт, то реле включено, и наоборот — при закрытом транзисторе *и6* реле обесточено. Транзистор *и6* остается открытым до тех пор, пока его база имеет отрицательный потенциал, который создается падением напряжения на резисторе *r20*, если через него протекает ток. Цепь для тока через резистор *r20* создается стабилитроном *n6* и далее диодом *n5* и резистором *r19* (при закрытом транзисторе *и5*) или диодом *n4* и резистором *r10* (при закрытом транзисторе *и2*). Таким образом, закрытие транзистора *и6* и отключение реле *d1*, т.е. срабатывание РПН, произойдет только в том случае, если одновременно будет открыт и транзистор *и2*. Рассмотрим зависимость состояния транзисторов *и2* и *и5* от контролируемого напряжения. При всяком кратковременном или продолжительном снижении напряжения ниже уставки стабилитрона *n1* закрывается и прерывается цепь базы транзистора *и1* со стороны минуса. При оставшемся положительном потенциале на базе транзистор *и1* закрывается, а транзистор *и2* открывается.

При открытии транзистора *и2* снимается управление транзистором *и6* через диод *n4*, и происходит переключение транзисторов *и3, и4, и5* в состояния, противоположные тем, которые показаны на схеме. В том числе транзистор *и5* закрывается, при этом база транзистора *и6* продолжает получать отрицательный потенциал вследствии проникания тока через резистор *r20*, стабилитрон *n6*, диод *n5* и резистор *r19*. Транзистор *и6* остается открытым, РПН пока не срабатывает. Однако такое состояние РПН при пониженном входном напряжении продолжается только ограниченное время —5–10 сек, определяемое емкостью кон-

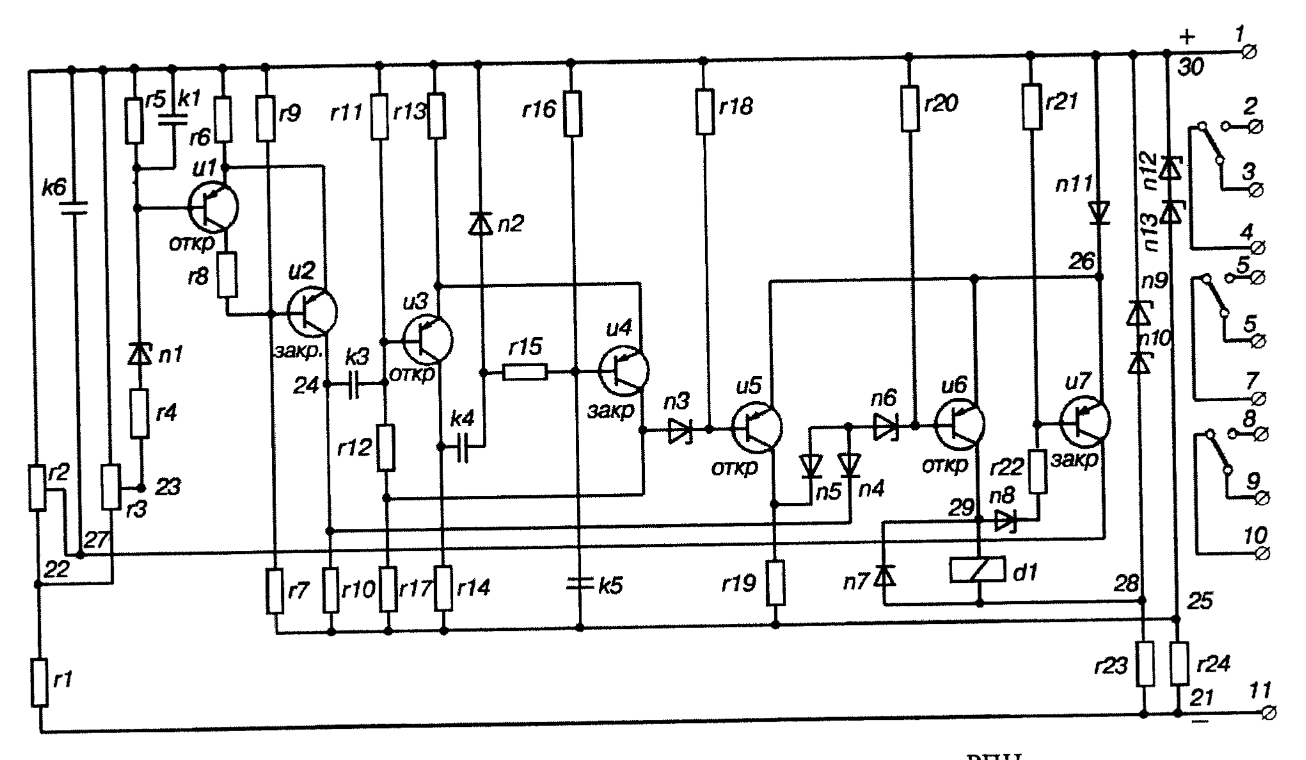


Рис. 4.26. Схема блока реле пониженного напряжения РПН

денсатора *k4* и сопротивлением резистора *r15*. Как только конденсатор *k4* перезарядится (перезаряд происходит по цепи: резисторы *r16*, *r15*-конденсатор-резистор *r14*), транзистор *и4* закроется, через резистор *r18* начнет протекать ток, создавая отрицательный потенциал на базе транзистора *и5*, и последний откроется. Тогда транзистор *и6*, база которого не будет иметь отрицательного потенциала, закроется, реле *d1* обесточится, отключится, т.е. РПН сработает.

Одновременно с закрытием транзистора *и6* откроется транзистор обратной связи *и7*, так как база его оказывается под отрицательным потенциалом в результате падения напряжения на резисторе *r21* от тока, протекающего по цепи: резисторы *r21*, *r22*-стабилитрон *n8* — обмотка реле *d1*. Открытие транзистора *и7* увеличивает падение напряжения на резисторе *r1*. При этом открытие стабилитрона *n1*, транзистора *и1* и, соответственно, восстановление РПН становится возможным при напряжении 115 В, превышающем уставку срабатывания (отпадания) РПН. Следует заметить, что открытие *и7*, так же как и закрытие *и6*, происходит только при длительном снижении контролируемого напряжения. В случае кратковременного снижения напряжения состояние транзисторов *и6* и *и7* не меняется, и РПН не срабатывает. Меняют свое состояние пять транзисторов (*и1*–*и5*) на то время, пока напряжение будет ниже уставки. Продолжительность нахождения в измененном состоянии транзисторов *и3*, *и4* и *и5* зависит от емкости конденсатора *k4* и от сопротивления резистора *r15*. Состояние транзисторов при кратковременном и длительном снижениях напряжения приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Напряжение в сети	*U1*	*U2*	*U3*	*U4*	*U5*	*U6*	*U7*
Выше уставки РПН	Откр.	Закр.	Откр.	Закр.	Откр.	Откр.	Закр.
Кратковременно ниже уставки РПН	Закр.	Откр.	Закр.	Откр.	Закр.	Откр.	Закр.
Длительно ниже уставки РПН	Закр.	Откр.	Откр.	Закр.	Откр.	Закр.	Откр.

Транзисторы питаются стабилизированным напряжением. Для транзисторов *u1–u5* стабилизация осуществляется стабилитронами *n12*, *n13* и резистором *r24*; для транзистора *u6* и реле *d1* — стабилитронами *n9*, *n10* и резистором *r23*. Регулирование уставки срабатывания (отпадания) реле РПН производится перемещением подвижного контакта резистора *r3*, а уставки (восстановления) включения — резистором *r2*. Конструктивно блок РПН представляет собой панель, на одной стороне которой установлены стабилитроны с радиаторами, реле, резисторы, одиннадцать зажимов, а на другой транзисторы, диоды и другие. Электрические соединения выполнены печатным монтажом. Крайние зажимы *1* и *11* предназначены для контроля напряжения аккумуляторной батареи, остальные подсоединены к контактам электромагнитного реле.

Техническая характеристика блока РПН типа EAU 11/13

Номинальное напряжение, В	110
Уставки, В:	
отключения	86–107
включения	113–126
Допускаемое отклонение уставки, %	±2
Задержка времени, с	более 5
Количество контактов:	
замыкающих	3
размыкающих	3
Максимальный ток контактов, А:	
длительный	5
включения	10
отключения	0,28
Срок службы, млн. включений	1
Габаритные размеры, мм	222×138×106
Масса, кг	1,7

Блок электронных устройств 2Б.726 системы электроснабжения ЭВ 10.02.29

Конструктивно блок включает в себя шесть электронных устройств (регулятора напряжения, реле частоты, блока защиты, управления зарядом, блока управления вентиляцией и управление отоплением), установленных на общем основании, на кото-

ром размещены розетки и «ловители» для каждого электронного устройства. «Ловители» — отверстия, в которые входят штыри электронных устройств, облегчают стыковку розеток и штепселей, а также исключают ошибочную установку электронных устройств.

Блок защиты БЗ-38 на вагонах ЭВ-10.02.29

Блок защиты (рис. 4.27) содержит устройство контроля фаз *KF* (на *VT1*), устройство контроля предохранителя *KF* (на *VT2*), реле понижения напряжения *РПН* (на *VT4*, *VT5*), устройство задержки *Т* (на *V13*), реле максимального напряжения *РМН* (на *D*, *VT8*, *VT9*) и выходной усилитель *ВУ* (на *VT6*, *VT7*, *VS1*).

В нормальных режимах работы на стоянке и при движении с выхода РПН получает питание катушка реле *К29*, а катушка реле *К7* обесточена, при этом светодиод *Н* (зеленый) светится, а светодиод *Н2* (красный) нет. При снижении напряжения батареи ниже заданного уровня 40. В реле РПН отключает реле *К29*, при этом светодиод *HI* гаснет. При подаче напряжения на вход «Задержка» отключение выходного реле может быть заблокировано, а при подаче напряжения на вход «Возврат» и при возбуждении генератора реле *К29* включается.

При отключении фазы или предохранителя *F1* при работающем генераторе открывается транзистор *VT1* или *VT2*, подается сигнал на ВУ, включаются тиристоры *VS1*, *VS2*, светодиод *Н2* и реле *К7*.

При повышении среднего выпрямленного напряжения генератора выше заданного уровня (60+2) В срабатывает реле РМН, что также приводит к включению *VS1*, *VS2*, *Н2* и *К7*.

Интегратор на микросхеме *D* обеспечивает зависимость выдержки времени на срабатывание РМН от величины перенапряжения, что позволяет исключить ложные срабатывания защиты в нормальных переходных режимах и обеспечить быстрое срабатывание защиты при опасных перенапряжениях.

Проверку функционирования блока на стоянке можно произвести с помощью кнопок *S1*...*S4*, имитирующих аномальные режимы работы. Включение *S1* должно приводить к срабатыванию РПН (гаснет *Н1*), а включение *S2*, или *S3*, или *S4* приводит к срабатыванию ВУ (включается *Н2*).

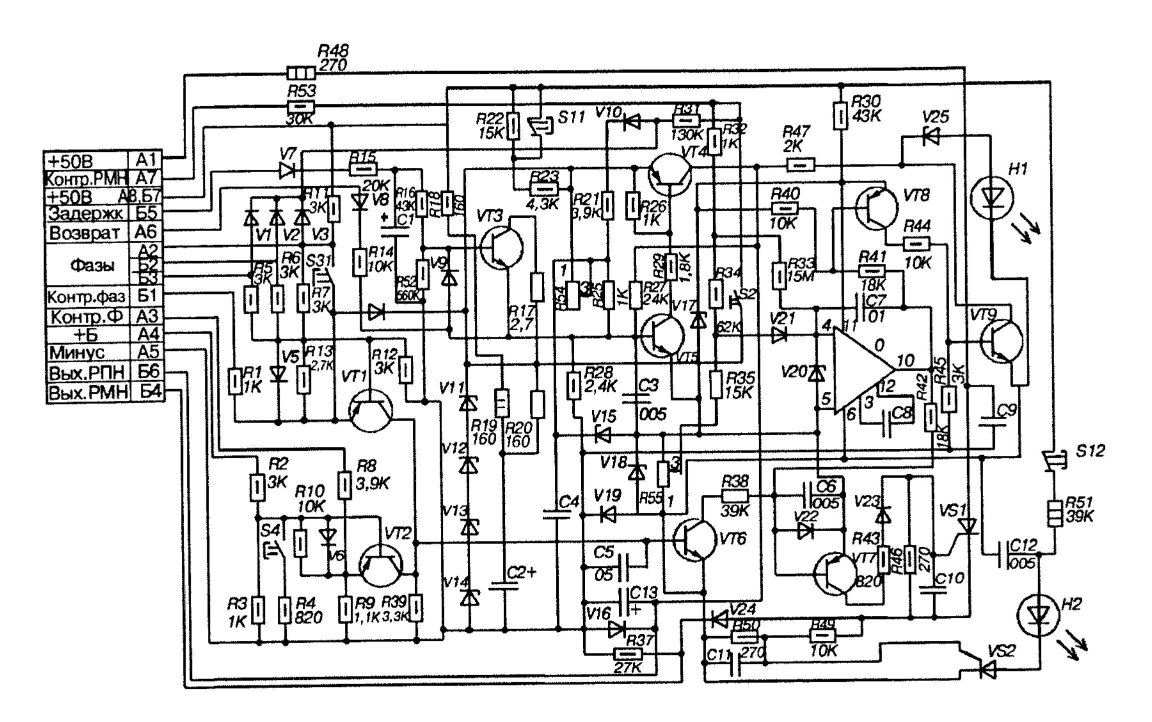


Рис. 4.27. Схема электрическая принципиальная блока защиты БЗ-38

Срабатывание РМН при включении *S2* происходит с выдержкой времени, однако светодиод *H1* при этом гаснет без задержки. Проверка функционирования блока и защиты с помощью кнопок *S2...S4* может быть произведено при необходимости и при работающем генераторе.

Блок реле частоты БРЧ-39 на вагонах ЭВ-10.02.29

Блок реле частоты служит для переключения питания вагона с генератора на батарею и обратно. Переключение питания осуществляется реле *K1* (рис. 4.28).

Блок содержит питающий делитель напряжения (*V19-R31-R2-V6-V7*), входной фильтр (*R1, R3, C1*), формирователь прямоугольных импульсов (на транзисторах *V3, V5*), интегратор (на микросхеме *D1*), выходной усилитель (*V11, V15*) и выходное реле *K1*.

Частота следования импульсов, формируемых на транзисторе *V5* пропорциональна частоте генератора. При закрытом состоянии транзистора *V5* происходит заряд конденсатора *C7* до установившегося напряжения по цепи резистор *R7*, конденсатор *C7*, диод *V9*, резистор *R8*, стабилитрон *V7*. Разряд конденсатора *C7* осуществляется по цепи диод *V8*, открытый транзистор *V5*. На микросхеме *D1* (операционный усилитель) осуществляется сравнение алгебраической суммы среднего значения положительных импульсов (так как конденсатор *C7* заряжается до установившегося значения) и отрицательного напряжения смещения, подаваемого на инвертирующий вход микросхемы через резистор *R10* с делителя на резисторах *R9*, *R16*, *R23*, получающего питание от стабилитрона *V7* с напряжением инвертирующего входа.

Необходимый сдвиг по частоте при включении нагрузок в системе электроснабжения осуществляется подачей на резисторы *R13-R15* напряжения +50 В с нагрузок, что приводит к появлению дополнительного смещения за счет падения напряжения на резисторе *R12*. Если частота генератора ниже уставки на инвертирующем входе относительно неинвертирующего, то имеется отрицательное напряжение и, следовательно, на выходе микросхемы напряжение положительно относительно средней точки питания. При этом транзисторы *V13* и *V15* закрыты и исполнительное реле *K1* обесточено.

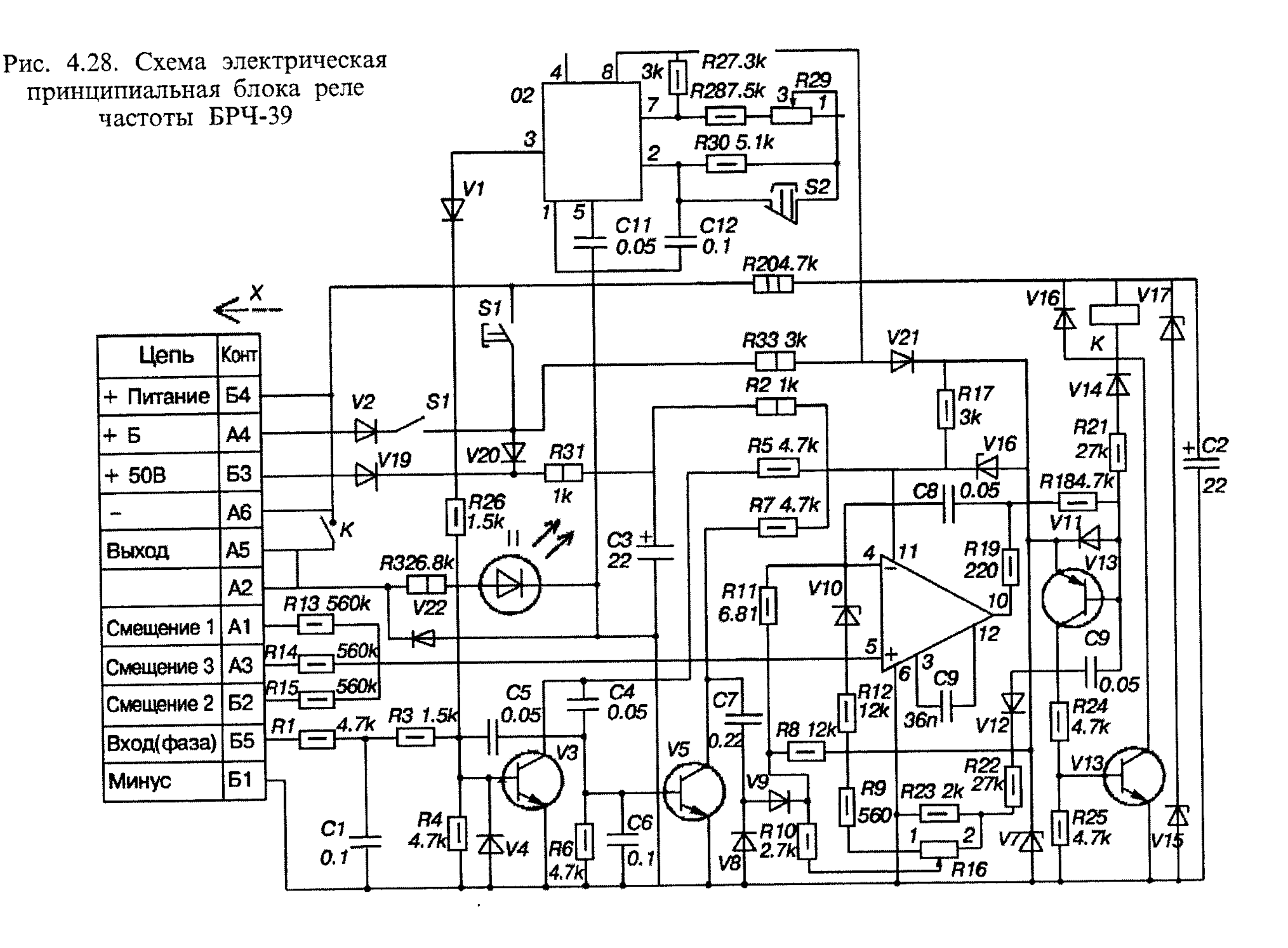


Рис. 4.28. Схема электрическая принципиальная блока реле частоты БРЧ-39

При достижении частоты генератора уставки, напряжение на входе микросхемы изменит полярность. На выходе микросхемы, т.е. на базе транзистора *V13* относительно его эмиттера, появится напряжение отрицательной полярности, транзистор *V13* откроется и через резистор *R24* откроет транзистор *V15*; катушка реле *К* получит питание и реле включится. Одновременно из коллекторной цепи транзистора *V13* через диод *V12* и резистор *R22* получит подпитку делитель напряжения на резисторах *R9*, *R16*, *R23*. Отрицательное напряжение смещения на резисторе *R8* уменьшится, что снизит уставку по частоте и тем самым обеспечит необходимый коэффициент возврата. Применение интегратора на операционном усилителе *Д1*, кроме функции усреднения входного сигнала обеспечивает задержку на срабатывание блока, величина которой составляет *1–10* с и обратно пропорциональна превышению частоты генератора над значением уставки.

Блок БРЧ-39 взаимозаменяем с блоками БРЧЗ и отличается настройкой по частоте срабатывания и наличием встроенной диагностики. Для контроля работы блока в движении и проверки на стоянке параллельно выходной цепи блока через резистор *R32* подключен светодиод *Н*, который светится, если включено реле *К1*.

Для проверки блока на стоянке в блоке имеется генератор импульсов на микросхеме *D2*, выход которого через *V1, R26* подключен к базе *У3*, и выключатели *S1, S2*. При включенном выключателе *S1* светодиод *Н* должен включаться, а при включении дополнительно *S2* светодиод *Н* должен гаснуть.

Блок управления зарядом БУЗ-41 системы ЭВ 10.02.29

Блок содержит (рис. 4.29) источник питания *ИП* с выпрямителем *V6-V7* и делителем напряжения *V9...V12*, формирователь пилообразного напряжения (ФПН) на *D1.1* и *VT1*, измеритель напряжения *ИН* на *D2.1*, измеритель тока *ИТ* на *D2.2. VT2*, модулятор *М* на *D3.1*, *D3.2* и выходной усилитель *ВУ* на тиристорах *VS1*, *VS2* с индикаторами *H1...H3*.

На входы блока подаются сигналы, пропорциональные току заряда батареи (вход *J*), напряжение батареи (вход *+U*, *±Б*), причем сигнал *+U* зависит от сопротивления терморезистора *R16*.

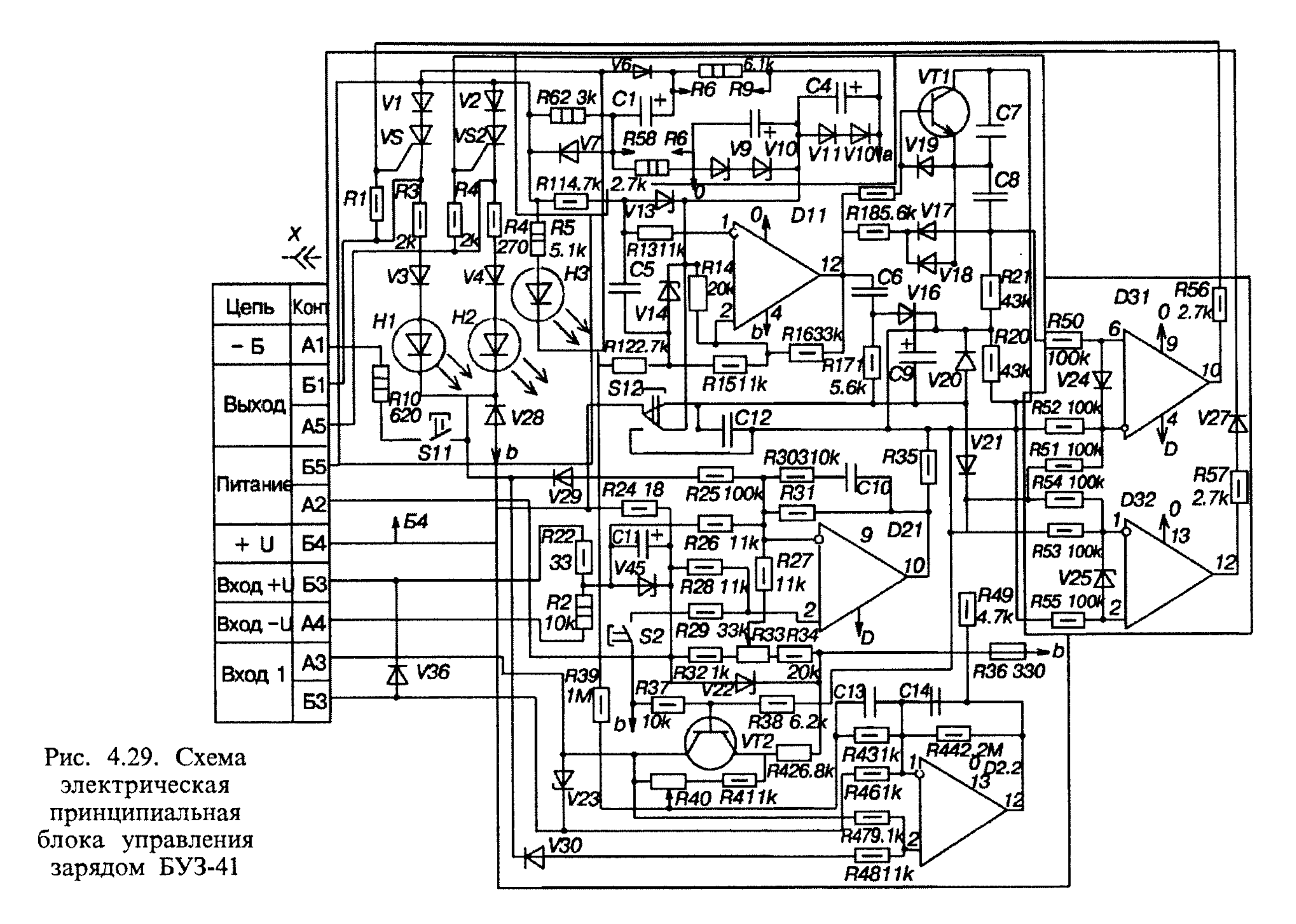


Рис. 4.29. Схема электрическая принципиальная блока управления зарядом БУЗ-41

Питание элементов блока в рабочем режиме обеспечивается от дополнительной (зарядной) обмотки генератора через выпрямитель *V6, V7*, а в режиме диагностики — от батареи через переключатель *S1* и резистор *R24*.

На конденсаторах *C7, C8* ФПН формируются пилообразные напряжения с напряжением питания и сдвигом по фазе на 180 эл. гр. и подаются на неинвертирующие входы *D3.1*, *D3.2* модуля *М*. На инвертирующие входы *D3.1*, *D3.2* подаются выходные сигналы *ИТ* и *ИН*, которые зависят от тока и напряжения заряда батареи.

Модулятор *М* вырабатывает выходные сигналы, частоте которых соответствует частота генератора, а фаза зависит от режима заряда. Передние фронты этих сигналов обеспечивают включение тиристоров *VS1*, *VS2 ВУ* и силовых тиристоров *V7, V8*.

При разряженной батарее блок обеспечивает поддержание постоянного тока заряда 50–60 А, при этом напряжение батареи растет до величины 60–70 В в зависимости от температуры, после чего напряжение батареи поддерживается на заданном уровне, а ток заряда снижается до 5–10 А.

Резисторы *R58*, *R59* служат для настройки уставок по напряжению и току соответственно. Индикатор *И3* на стоянке не светится, а при движении светится после возбуждения генератора и сигнализирует о подаче на блок переменного напряжения питания от дополнительной обмотки генератора.

Индикаторы *H1*, *H2* сигнализируют о включении тиристоров *VS1*, *VS2* в режиме диагностики на стоянке. При включенной кнопке *S1* индикаторы должны включаться только после включения *S2*, а после отключения *S2* они должны оставаться включенными до тех пор, пока остается нажатой *S1*.

5. РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И СЕТИ ОСВЕЩЕНИЯ

5.1. Принцип регулирования напряжения источников питания

Генератор, приводимый во вращение от оси колесной пары, при изменении частоты вращения изменяет свое напряжение в широких пределах. Стабилизация напряжения генераторов при различных эксплуатационных режимах осуществляется с помощью систем автоматического регулирования, основным из которых является регулятор напряжения генератора. Напряжение генератора регулируется путем изменения его тока возбуждения, в результате чего меняется его ЭДС. Напряжение генератора прямо пропорционально частоте вращения якоря и величине магнитного потока. Частота вращения якоря зависит от скорости движения вагона. Генератор включается в работу при скоростях движения свыше 35–40 км/ч. Максимальная скорость для вагонов с автономными системами электроснабжения по условиям работы привода генератора установлена 160 км/ч. Следовательно, диапазон изменения скорости движения вагона, при которой должен работать генератор, 35–160 км/ч. Максимальная частота вращения генератора примерно в 4 раза больше минимальной. Так как регулировать частоту вращения вагонного генератора невозможно, то регулируют магнитный поток путем изменения тока в обмотке возбуждения. С увеличением скорости движения вагона для сохранения напряжения на заданном уровне ток возбуждения следует уменьшать, а с понижением скорости — увеличивать. При неизменных частоте вращения генератора и токе возбуждения напряжение генератора может сни-

жаться в результате подключения мощных потребителей энергии. Регулятор напряжения должен обеспечивать поддержание напряжения на заданном уровне. Следовательно, принцип действия регулятора заключается в том, что, непрерывно контролируя напряжение генератора, он регулирует ток в цепи обмотки возбуждения так, что обеспечивается заданное напряжение.

В настоящее время на вагонах используются угольные и тиристорные регуляторы напряжения. Наибольшее распространение получили тиристорные (импульсные) регуляторы напряжения.

Напряжение генератора *Г* (рис. 5.1) зависит от скорости движения вагона и от тока в обмотке возбуждения *ОВ*. Напряжение на заданном уровне поддерживается путем регулирования тока в обмотке возбуждения. Для этого последовательно с обмоткой *ОВ* включается тиристор *Т*. Если тиристор открыт, ток в цепи обмотки возбуждения возрастает и соответственно увеличивается напряжение генератора. Напряжение генератора непрерывно контролируется измерительным устройством *И*. Если напряжение генератора превосходит установленное значение, то устройства управления *У* закрывают тиристор. Ток в обмотке возбуждения уменьшается, вызывая соответствующее уменьшение напряжения. После закрытия тиристора *Т* ток в обмотке возбуждения не прерывается. Под воздействием ЭДС самоиндукции, возникающей в обмотке *ОВ*, ток, уменьшаясь, продолжает протекать в замкнутой цепи: обмотка возбуждения *ОВ* — диод *Д*. Когда ток возбуждения снизится, и напряжение генератора

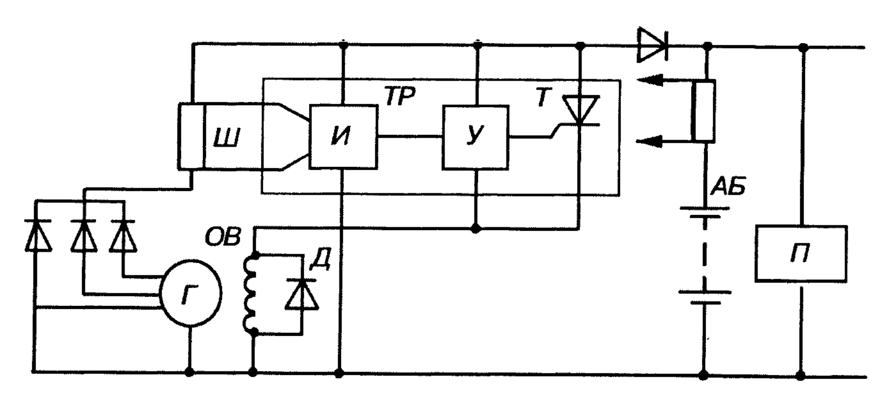


Рис. 5.1. Схема устройства тиристорного регулятора

станет ниже установленного значения, то измерительные устройства подадут сигнал на устройства управления *У* для открытия тиристора *Т*. Тогда напряжение снова начнет повышаться.

Во время работы генератора происходит чередование открытого и закрытого состояний тиристора. Чем чаще и продолжительней открытое состояние тиристора, тем больше средний ток обмотки возбуждения, и наоборот. Следовательно, при малых скоростях движения вагона ток возбуждения должен быть большим, а при больших — малым. Так, при скоростях 35–40 км/ч, когда генератор подключается к системе электроснабжения, тиристор открыт. При высоких скоростях движения вагона тиристор подключается только на короткое время и этим обеспечивается малый ток возбуждения. С помощью тиристорного регулятора ограничиваются токи генератора. Средние значения тока возбуждения $I_{в.\ ср}$ и напряжения генератора $U_{ср}$ определяются сопротивлением цепи возбуждения и соотношением между относительной замкнутостью и разомкнутостью этой цепи. Время, в течение которого происходит нарастание тока возбуждения генератора и напряжения генератора, характеризуется относительной замкнутостью цепи возбуждения

$$\tau_з = t_з/t_ц = t_з/(t_з + t_р),$$

где $t_з$ — время открытого состояния тиристора;
$t_р$ — время закрытого состояния тиристора;
$t_ц = t_з + t_р$ — время цикла (величина обратная частоте повторения импульсов).

Время, в течение которого происходит снижение тока возбуждения и напряжения генератора, характеризуется относительной разомкнутостью цепи возбуждения

$$\tau_р = t_р/t_ц = t_р/(t_з + t_р).$$

Во время работы регулятора относительная замкнутость $\tau_з$ и разомкнутость $\tau_р$ изменяются.

При наименьшей частоте вращения и наибольшей нагрузке $\tau_з$ имеет наибольшее значение; при наибольшей частоте вращения и холостом ходе — наименьшее. При возрастании частоты вращения и уменьшении нагрузки для поддержания неизменным напряжения ток возбуждения должен быть автоматически уменьшен; это выполняется регулятором автоматически путем снижения $\tau_з$.

5.2. Угольные регуляторы напряжения генератора

Принцип действия. Угольный регулятор напряжения генератора (РНГ) (рис. 5.2, *а*) состоит из трех основных узлов: угольного столба, электромагнита *4* и пружины *6*. Угольный столб служит исполнительным органом регулятора. Он включен в цепь возбуждения генератора и представляет собой регулируемый резистор, сопротивление которого зависит от приложенного давления: изменяя давление на столб, регулируют ток возбуждения $I_в$ в генераторе. Измерительным органом регулятора является якорь *3*, который с помощью механической связи *2* действует на угольный столб. На якорь действуют в противоположном направлении усилия, создаваемые электромагнитом *4* и пружиной *6*. Электромагнит осуществляет обратную связь в системе автоматического регулирования. На его катушку *7* подается напряжение U генератора. Усилие, создаваемое пружиной *6*, определяет заданное напряжение $U_{зад}$ автоматически поддерживаемое регулятором. Если напряжение U превышает заданное значение $U_{зад}$, электромагнит поворачивает якорь *3* против часовой стрелки, что приводит к уменьшению давления на угольный столб. При этом сопротивление столба увеличивается, ток возбуждения $I_в$ уменьшается и напряжение на зажимах генератора снижается до заданного значения. Если напряжение на зажимах генератора становится ниже $U_{зад}$, то давление на угольный столб возрастает, уменьшается сопротивление столба, и напряжение на зажимах генератора повышается до заданного значения. Регулятор имеет воздушный демпфер-успокоитель *5*, который способствует быстрому затуханию колебаний якоря.

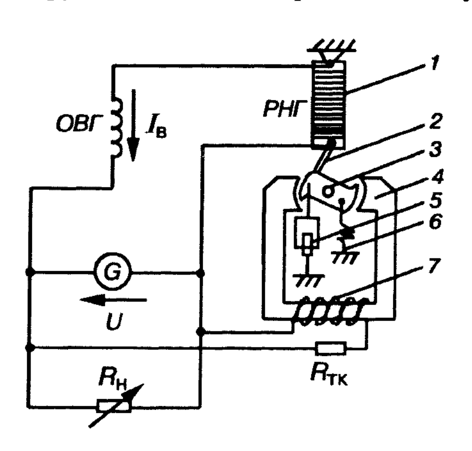


Рис. 5.2. Схема угольного регулятора напряжения

5.3. Тиристорные регуляторы напряжения пассажирских вагонов

Блок регулятора напряжения БРН-37 (рис. 5.3). На вагонах отечественной постройки с генератором переменного тока РНГ регулирует напряжение сети, от которой питаются все потребители вагона. Он содержит задающее устройство, измерительный орган, исполнительный орган и систему обратной связи. Напряжение для питания электрических потребителей вагона подается от основной обмотки якоря генератора. Повышенное напряжение для заряда аккумуляторной батареи получают с помощью вольтодобавочной обмотки якоря, к которой подключается свое регулирующее устройство (регулятор заряда батареи). Регулятор заряда батареи меняет зарядный ток также и в зависимости от температуры в батарейном ящике. Так как напряжение на зажимах основной и вольтодобавочной обмоток генератора определяется одним и тем же магнитным потоком, то при регулировании выходного напряжения регулятором РНГ будет в соответствии с изменением тока возбуждения автоматически изменяться и напряжение на выходе аккумуляторной батареи. Для того чтобы стабилизировать напряжение заряда вводится отрицательная обратная связь по току нагрузки потребителей вагона. При возрастании тока нагрузки регулятор РНГ увеличивает магнитный поток генератора, что приводит к росту напряжения. Но одновременно из-за наличия обратной связи частично компенсируется рост напряжения на регуляторе заряда батареи.

Регулятор содержит измерительный делитель напряжения, выполненный на резисторах *R1–R6*, питающий делитель напряжения *R16–R17–V2–V3–V4*, измерительный транзистор *V1*, пусковую схему на транзисторах *V5, V6*, исполнительную группу *V10–V12*. Начальное возбуждение генератора обеспечивается от фазы генератора и минусового полюса выпрямителя нагрузки по цепи через размыкающий контакт реле *K9* и резистор *R7* (установленный вне блока регулятора). Катушка реле *K9* включена на напряжение, образованное выпрямителями *V13, V14, V15* и минусовым полюсом выпрямителя нагрузки *V1–V3*. После достижения напряжения срабатывания реле *K9* питание обмотки возбуждения генератора обеспечивается от фазы генератора и минусового полюса выпрямителя нагрузки через тиристор

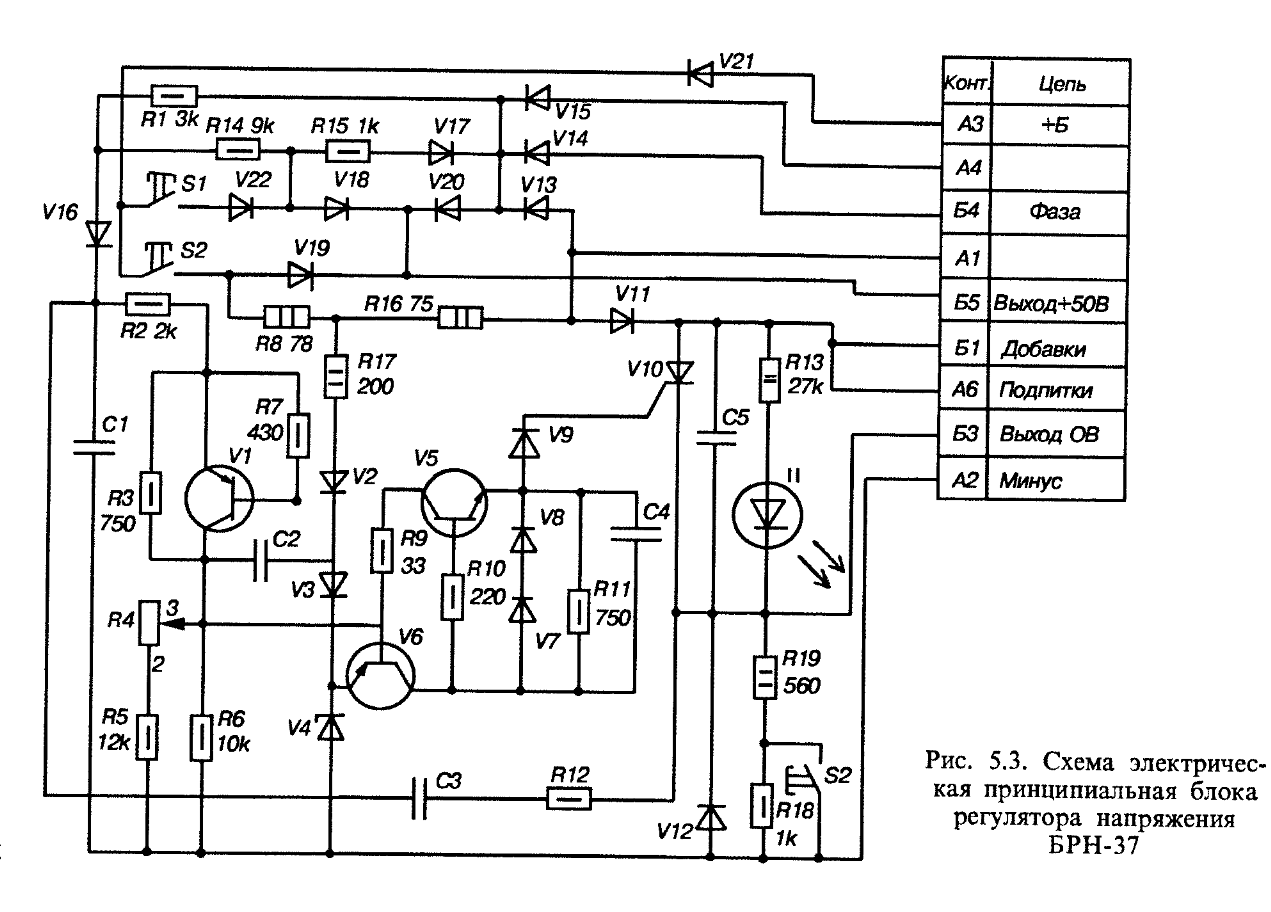


Рис. 5.3. Схема электрическая принципиальная блока регулятора напряжения БРН-37

V10. Транзисторы *V5, V6* образуют чувствительную спусковую схему. По цепи через резистор *R8*, диоды *V2, V3*, транзистор *V6*, диоды *V7, V8, V9*, управляющий электрод тиристора *V10*, обмотку возбуждения генератора протекает ток, вызывающий включение тиристора *V10*. После включения тиристора цепь его управляющего электрода запирается диодом *V9*, и транзисторы *V5*, *V6* обесточиваются. Транзистор *V6* получает питание только в интервалах времени, соответствующих положительному анодному напряжению, благодаря чему обеспечивается синхронизация импульсов управления тиристора с его анодным напряжением. В интервалах времени, когда на цепь тиристор-обмотка возбуждения генератора подается напряжение, равное прямому падению напряжения на силовом диоде *V3*, тиристор *V10* выключается, и ток обмотки возбуждения замыкается по цепи через диод *V12*.

После выключения диода *V3* на тиристор и питающий делитель подается напряжение и, если трнзистор *V1* закрыт, обеспечивается повторное включение тиристора *V10*.

При повышении напряжения генератора выше уставки регулятора, транзистор *V1* отпирается и обеспечивает запирание транзистора *V6*. Запирание транзистора *V5* обеспечивается шунтировкой его эмиттер-базового перехода последовательно включенными резисторами *R10, R11*. Подача импульсов управления на тиристор *V10* прекращается. Регулирование напряжения обеспечивается благодаря чередованию двух описанных режимов работы тиристора, в одном из которых тиристор открыт, примерно, в течение 2/3 периода, а в другом — закрыт. При изменении соотношения указанных режимов среднее значение напряжения на обмотке возбуждения практически может изменяться от нуля до максимального значения. Для увеличения тока возбуждения применяется добавочная обмотка *B1*, *B2* генератора, напряжение которой через диод *V30* подается на тиристор *V10*. Для контроля работы блока при движении и проверки на стоянке параллельно тиристору *V10* через *R13* подключен светодиод *H*, который начинает светиться после возбуждения генератора.

Для проверки блока на стоянке необходимо включить выключатель *S1* и затем *S2* — при этом должен включиться светодиод *H* (тиристор закрыт). Затем отпустить *S1*, продолжая удерживать *S2*, при этом светодиод *H* должен погаснуть (тиристор открыт).

5.4. Тиристорные регуляторы вагонов немецкой постройки

На вагонах немецкой постройки с кондиционированием воздуха с 1976 г. устанавливают полупроводниковые РНГ, осуществляющие широтно-импульсное регулирование тока возбуждения генератора. Регулятор состоит (рис. 5.4) из исполнительного *ИСО* и измерительного *ИО* органов, системы управления тиристорами *СУТ* и узла ограничения тока. Основным элементом исполнительного органа *ИСО* является главный тиристор *V1* (см. рис. 5.4), осуществляющий импульсное регулирование тока возбуждения генератора. Для запирания главного тиристора служат коммутирующий конденсатор *C1*, вспомогательный тиристор *V2* и перезарядная цепочка *V3–L1*. Эти элементы образуют электронный ключ, который периодически подключает обмотку возбуждения *ОВ* к выходному напряжению генератора. В периоды, когда к обмотке возбуждения не подается напряжение, ток возбуждения проходит через резистор *R1* и обратный диод *V4*.

Исполнительный орган работает следующим образом. В процессе регулирования напряжения генератора, когда оно отклоняется от установленного значения, на управляющий электрод тиристора *V2* от системы управления *СУТ* подается отпирающий импульс. В результате этого тиристор *V2* открывается и через коммутирующий конденсатор *C1* и обмотку возбуждения генератора начинает протекать ток заряда конденсатора, вследствие чего он приобретает полярность, показанную на рис. 5.4, *а*. После окончания процесса заряда, когда ток, проходящий через тиристор *V2*, становится меньше тока, необходимого для удержания его в открытом состоянии, тиристор *V2* закрывается. Затем от системы управления *СУТ* подается отпирающий импульс на главный тиристор *V1*. При открытии тиристора *V1* обмотка возбуждения подключается непосредственно к обмотке якоря генератора и на нее подается импульс напряжения *U*. В то же время конденсатор *C1* через тиристор *V1* и диод *V3* соединяется с индуктивностью *L1*, вследствие чего образуется резонансный контур, по которому происходит перезаряд конденсатора *C1*, вследствие чего он приобретает полярность, обратную показанной (см. рис. 5.4, *а*). Через определенный промежуток време-

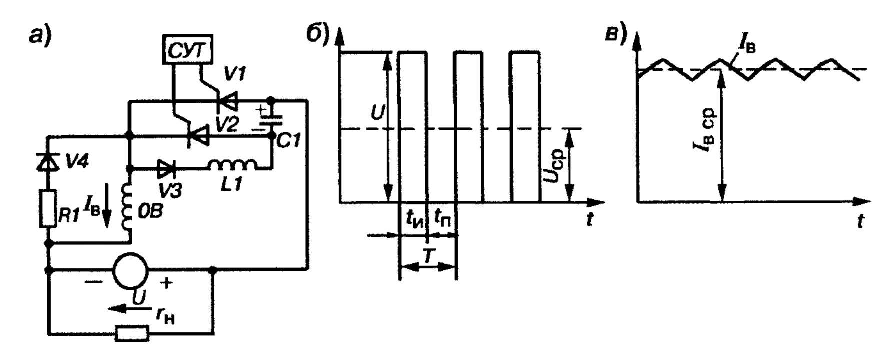


Рис. 5.4. Принципиальная схема широтно-ипульсного регулирования тока возбуждения генератора (*а*) и графики изменения напряжения и тока возбуждения (*б* и *в*)

ни снова открывается вспомогательный тиристор *V2*. При этом напряжение конденсатора *C1* прикладывается к тиристору *V1* в обратном направлении, вследствие чего этот тиристор закрывается. Во время этого процесса коммутирующий конденсатор перезаряжается через обмотку возбуждения и обмотку якоря генератора, вследствие чего напряжение на конденсаторе снова изменяет свою полярность и он оказывается подготовленным для последующего цикла работы.

Главный и вспомогательный тиристоры при регулировании напряжения переключают с помощью электронной схемы *СУТ*, вырабатывающей импульсы тока, которые поочередно подают на управляющие электроды тиристоров *V1* и *V2*. В период времени $t_и$, когда открыт главный тиристор *V1*, на обмотку возбуждения *ОВ* подается импульс напряжения *U* (рис. 5.4, *б*) и ток возбуждения $I_в$ возрастает. Когда же этот тиристор закрыт (период времени паузы $t_п$), напряжение на обмотку возбуждения не подается. Однако ток возбуждения $I_в$ в этот период продолжает протекать через обмотку *ОВ*, обратный диод *V4* и резистор *R2* за счет энергии, накопленной в индуктивности обмотки возбуждения. При этом ток возбуждения уменьшается (см. рис. 5.4, *б*). Начало периода $t_и$ определяется моментом включения тиристора *V1*, начало периода $t_и$ — моментом включения тиристора *V2*. В зависимости от значений $t_и$ и $t_п$ изменяется среднее значение напряжения $U_{ср} = U\, t_и/t_п$, подаваемого на обмотку возбуждения генератора, и среднее значение $I_{в.ср}$ тока возбуждения.

Система автоматического регулирования изменяет ширину $t_п$, импульса напряжения U так, чтобы при изменении частоты вращения и нагрузки генератора осуществлялось требуемое регулирование тока $I_{в.ср}$, необходимое для стабилизации напряжения $U = U_{ном}$. При разгоне поезда обмотка возбуждения генератора постоянного тока подключена к обмотке его якоря, помимо тиристоров исполнительного органа, через размыкающие контакты реле напряжения *Р1* (рис. 5.5, *а*). При этом происходит процесс самовозбуждения генератора. Таким же образом от выпрямителей *В1* и *В2* питаются обмотки возбуждения в генераторе переменного тока (рис. 5.5, *б*). При увеличении напряжения генератора вначале срабатывает реле *Р1*. При этом размыкаются его контакты цепи обмотки возбуждения и замыкаются контакты в цепи катушки реле *Р2*, что приводит к срабатыванию этого реле с некоторой выдержкой времени 5–10 с; выдержка времени определяется постоянной времени заряда конденсатора *С2*. В период времени от момента отключения контактов реле *Р1* в цепи обмотки возбуждения и до момента включения реле *Р2* к управляющему электроду тиристора *V1* через диод *V6* и размыкающие контакты реле *Р2* подается отпирающий импульс. В результате этого тиристор *V1* открывается и через него начи-

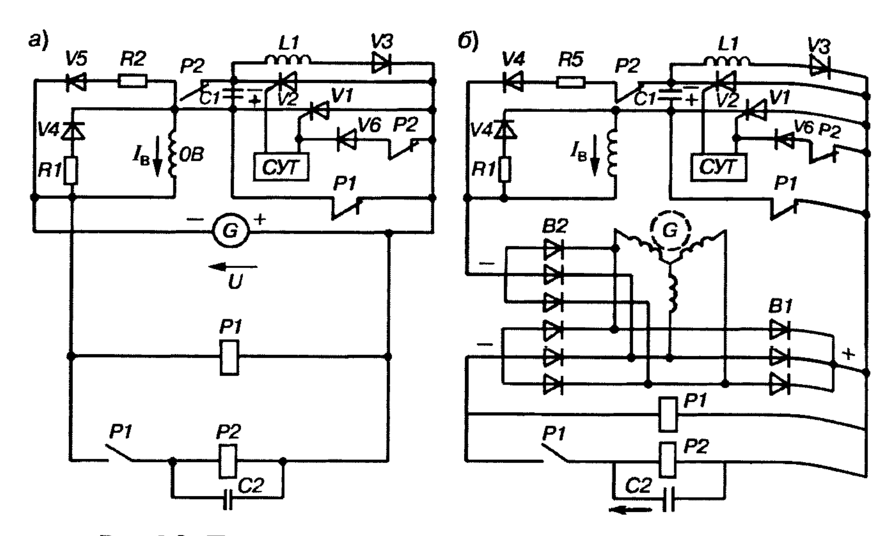


Рис 5.5. Принципиальная схема исполнительного органа тиристорного РНГ генераторов DUGG-28B (*а*) и DCG-4435 (*б*)

нает протекать ток возбуждения генератора. Одновременно через тиристор *V1*, диод *V5*, резистор *R2* и размыкающие контакты реле *P2* происходит заряд коммутирующего конденсатора *C1* и он приобретает полярность, показанную на рис. 5.5. После срабатывания реле *P2* прекращается подача отпирающего импульса на управляющий электрод тиристора *V1*, но тиристор остается открытым и через обмотку возбуждения продолжает протекать ток, вследствие чего напряжение генератора продолжает увеличиваться. В дальнейшем происходит рассмотренный выше процесс поочередного включения тиристоров *V1* и *V2* от системы управления *СУТ*, с помощью которых автоматически регулируется ток возбуждения и напряжения генератора.

Измерительный орган регулятора состоит из датчиков *Д1* (рис. 5.6) напряжения генератора, *Д2* тока генератора и *Д3* тока аккумуляторной батареи. В системе управления тиристорами применены триггер *ТГ*, усилители *У1* и *У2* и разделительные трансформаторы *РТ1* и *РТ2*. Датчик напряжения *Д1* имеет делитель напряжения и стабилитрон. При повышении напряжения генератора до установленного значения стабилитрон переходит в проводящее состояние и подает на вход *1* триггера *ТГ* управляющий импульс. Триггер образован двумя транзисторами, с двух его выходов *3* и *4* через транзисторные усилители *У1* и *У2* и разделительные трансформаторы *РТ1* и *РТ2* поочередно подаются отпирающие прямоугольные импульсы на управляющие электроды главного *V1* и вспомогательного *V2* тиристоров исполнительного органа. Для более четкой работы системы управления тиристорами в ней предусмотрена гибкая обратная связь *ОС* с выхода усилителя *У1* на вход триггера с помощью RC-контура. Для ограничения тока нагрузки генератора и тока

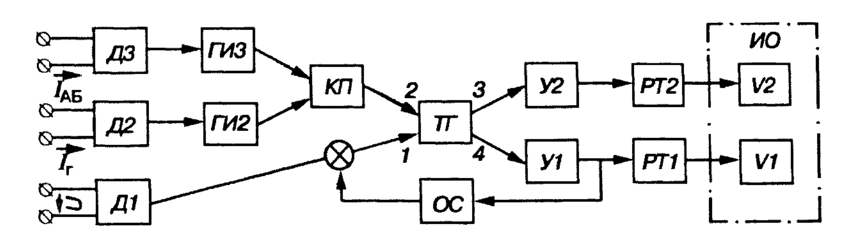


Рис. 5.6. Функциональня схема измерительного органа и системы управления тиристорами РНГ генераторов DUGG-28B и DCG-4435

заряда аккумуляторной батареи в рассматриваемом регуляторе предусмотрен узел ограничения тока. Он содержит датчики *Д2* и *Д3*, выполненные в виде шунтов, включенных в цепи токов $I_г$ и $I_{АБ}$, два генератора прямоугольных импульсов *ГИ2* и *ГИ3* на туннельных диодах и импульсных трансформаторах и катодный повторитель *КП* на транзисторах. Если ток нагрузки генератора $I_г$ или ток аккумуляторной батареи $I_{АБ}$ превысит допустимые значения, на вход *2* триггера подается управляющий сигнал и система управления тиристорами *V1* и *V2* начинает уменьшать ток возбуждения генератора. В результате уменьшаются его напряжение и токи $I_г$ и $I_{АБ}$. Если требуется уменьшить ток нагрузки генератора (это необходимо, например, при вращении генератора агрегата DUGG-28B на стоянках от приводного двигателя), уменьшается напряжение, подаваемое на вход генератора *ГИ2* с помощью регулировочного резистора.

5.5. Тиристорный регулятор типа 2460

Тиристорный регулятор 2460.027 подсоединяется к электрическим цепям вагона зажимами *1–10* (рис. 5.7, *г*, см. вкладку) штепсельного соединения. Через зажимы *1* и *6* подаются плюс и минус регулируемого напряжения генератора или выпрямителя. Через зажимы *1* и *10* проходит силовая цепь обмотки возбуждения генератора (жирные линии), главным элементом которой является тиристор *п404*. Зажимы *3* и *4* служат для ввода суммарного сигнала о токе генератора и токе возбуждения или о значении выпрямленного тока. Зажимы *5* и *7* — для ввода сигнала о значении зарядного тока аккумуляторной батареи. Главным элементом регулятора является тиристор *п404*. Его открытие происходит тогда, когда на управляющий вывод подается импульс напряжения от трансформатора *т202* по цепи: вторичная обмотка трансформатора — диод *п405* — резистор *r408* — управляющий вывод тиристора — катод тиристора — резистор *r409* — вторичная обмотка трансформатора. Элементы схемы *r408*, *r407*, *r409*, *п405* и *k214* служат для защиты от помех цепи отпирания тиристора и линеаризации тока отпирания. После открытия тиристора от напряжения генератора начинает заряжаться коммутирующий конденсатор *k403* по цепи: катод тиристора — конденсатор *k403* — дроссель *k401* — резисто-

ры *r317* и *r318*. Зарядка конденсатора подготавливает условия для закрытия главного тиристора с помощью гасящего тиристора *п402*. Действие гасящего тиристора начинается тогда, когда на его управляющий импульс от трансформатора *т201* по цепи: вторичная обмотка — диод *п403* — резистор *r404* — управляющий вывод — катод тиристора — резистор *r405* — вторичная обмотка трансформатора *т201* пойдет ток. Чтобы тиристор перешел из открытого состояния в закрытое, необходимо, чтобы через него прекратил протекать ток. Это можно осуществить снятием напряжения или разрывом (кратковременным) цепи, или подачей на него напряжения обратной полярности. Когда главный тиристор открыт, происходит заряд коммутирующего конденсатора *k403* (рис 5.7, *а*).

Когда он зарядится, то на нем образуется напряжение $U_к$. Однако оно при закрытом тиристоре *п402* никакого воздействия на работу тиристора *п404* не оказывает. Но после открытия

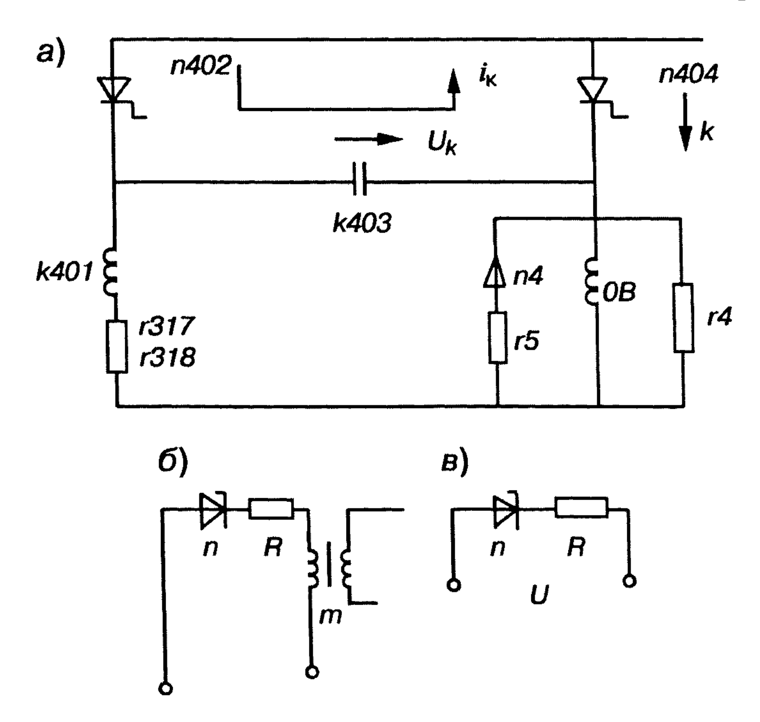


Рис. 5.7. Схема включения главного тиристора

тиристора *n402* образуется замкнутый контур: тиристор *n402* — конденсатор *k403* — тиристор *n404*, в котором напряжение генератора $U_к$ направленно встречно току, протекающему через тиристор *n404*, и согласно с проводящим направлением тиристора *n402*. Таким образом, напряжение $U_к$ уменьшает ток тиристора до нуля, запирая его, и одновременно способствует вступлению в работу тиристора *n402*. Оно как бы перебрасывает (коммутирует) протекание тока с одного тиристора на другой. Однако через тиристор *n402* ток может протекать только кратковременно. Ток в цепи: тиристор *n402* — конденсатор *k403* — обмотка возбуждения ОВ по мере заряда конденсатора уменьшается, а после заряда прекращается совсем. Тиристор *n402* закрывается (самостоятельно). Теперь конденсатор заряжен иной полярностью по сравнению с той, когда был открыт тиристор *n404*. Закрытие тиристора *n404* приводит к размыканию цепи питания обмотки возбуждения. Однако уменьшающийся ток в обмотке не прекращается вследствие подключенной к обмотке параллельной цепи, состоящей из резистора *r5* и диода *n4*. Под действием ЭДС самоиндукции в ОВ продолжает протекать уменьшающийся ток. Темп уменьшения его зависит от сопротивления резистора *r5*. С уменьшением тока возбуждения снижается и напряжение генератора. При высоких скоростях ток возбуждения мал. При малых токах открытие тиристора может быть неустойчивым. Для увеличения тока главного тиристора при малых токах возбуждения параллельно обмотке возбуждения подключен резистор *r4*.

Следовательно, для того, чтобы открыть тиристор *n404*, (см. рис. 5.7, *г*) нужно подключить трансформатор *m202*, а чтобы закрыть тиристор, нужно включить трансформатор *V201*. Включаются трансформаторы с помощью транзисторов *p203* и *p202*, работой которых управляет микросхема *V201* и транзистор *p201*, т.е. импульсы для открытия тиристоров образуются микросхемой *V201* и транзистором *p201* и усиливаются транзисторами *p202* и *p203*. Элементы схем *r403, r404, p405, n403, k214* служат для защиты от помех цепи открытия гасящего тиристора и линеаризации тока его зажигания. Напряжение генератора (или выпрямленное напряжение при генераторе переменного тока) подается на измерительную цепь, состоящую из четырех последовательно соединенных резисторов *r118–r121*. Сигнал в схему управления поступает в виде суммарного падения напряжения

на регулируемом резисторе *r120* и резисторе *r121*. Регулируемый резистор предназначен для ручного плавного регулирования уставки регулятора. Верхний резистор разделен на два (*r118* и *r119*) с выводом их общей точки на зажим *9* штепселя. Это сделано для того, чтобы временно снизить напряжение регулятора путем подключения параллельно к резистору *r118* (зажимы *1* и *9*) дополнительного резистора. Чем меньше сопротивление дополнительного резистора, тем больше снизится уставка. Для наибольшего снижения уставки зажимы *1* и *9* следует замкнуть накоротко. Когда напряжение возрастет свыше установленного значения, напряжение на стабилитроне *n111* превысит его пороговое напряжение, и он через диоды *n112* и *n116* пропустит сигнал на управляющий вывод микросхемы *v201*. Сигнал (напряжение) ограничивается стабилитроном *n115*. После получения входного сигнала, выходной потенциал микросхемы (вывод *10*) скачкообразно увеличивается, и через резистор *r215* подается положительный сигнал на базу транзистора *p202*, что приводит к его открытию и соответственно подключению первичной обмотки трансформатора *m201* к минусу. Заметим, что транзистор *p201* остается открытым в течении всего времени, пока на выходе *10* микросхемы есть положительный потенциал. Транзистор *p202*, играющий роль усилителя импульса, открывается только кратковременно. После того как конденсатор *k210* зарядится, ток через него прекращается, и база транзистора, принимая отрицательный потенциал, закрывает транзистор. Сопротивление резисторов *r217*, *r218*, *r219* и емкость конденсатора *k210* выбираются с таким расчетом, чтобы энергия импульса тока от трансформатора *m201* была достаточной для надежного открытия транзистора *p202*. Подключение трансформатора *m201* к напряжению вызывает открытие запирающего тиристора *n402*. Главный тиристор *n404* запираясь, размыкает собой цепь питания обмотки возбуждения генератора. Ток в обмотке возбуждения начинает уменьшаться, вызывая снижение напряжения генератора.

Когда напряжение снизится настолько, что стабилитрон *n111* закроется, тогда уменьшится потенциал на управляющем выводе *5* микросхемы *u201*. Когда он станет меньше потенциала вывода *4*, скачком уменьшится потенциал на выводе *10* микросхемы, и это приведет к закрытию транзистора *m201*. Прекращение протекания тока через транзистор и резистор *r217* вызовет резкое возрастание потенциала на коллекторе транзистора *p201* и соот-

ветственно на левом электроде конденсатора *k211*. При этом по цепи резистор *r217* — конденсатор *k211* на базу транзистора *p203*, играющего роль усилителя импульса, подается кратковременно (только на время заряда конденсатора *k211*) отпирающий импульс. После того как конденсатор зарядится, ток в его цепи прекращается, и база транзистора через резистор *r220* принимает отрицательный потенциал, закрывая транзистор. Сопротивление резисторов *r217*, *r220*, емкости конденсаторов были выбраны такими, чтобы обеспечивалась длительность импульса через трансформатор, достаточная для открытия главного тиристора. Включение главного тиристора, как это было показано, приводит к возрастанию тока возбуждения и напряжения генератора. Возрастание напряжения будет происходить до тех пор, пока не пробьется стабилитрон *n111* и не откроется запирающий тиристор. В этот момент снова начинает повторяться процесс в той же очередности. Заметим, что при открытии главного тиристора под действием напряжения конденсатора *k403* происходит его перезарядка на обратную полярность по цепи: конденсатор *k403* — дроссель *k401* — открытый тиристор *n404* — конденсатор *k403*. В результате перезаряда коммутационная схема с конденсатором оказывается подготовленной для очередного гашения главного тиристора. Для надежной и устойчивой работы микросхемы *V201* используются цепи обратной связи (цепи, связывающие выходной сигнал с входным). Резистор *r209* ограничивает разницу между входным потенциалом, при котором микросхема переводится в другое состояние, и входным потенциалом, когда микросхема возвращается опять в исходное состояние. Конденсатор *k203* с резисторами *r210*, *r211* и диодом *n206* служит для устойчивости процесса регулирования, блокирует микросхему на время переходных процессов при отпираниях главного и гасящего тиристоров. Резисторы *r212*, *r214* и конденсато- ры *k206* и *k207* обеспечивают устойчивое регулирование с учетом динамических свойств цепи обмотки возбуждения генератора.

Основным элементом устройств ограничения токов является цепь, состоящая из туннельного диода и резистора. Туннельный диод имеет извилистую (синусоидальную) форму вольт-амперной характеристики (рис. 5.8). С повышением приложенного к нему напряжения до U_3 ток в нем увеличивается до i_3. При дальнейшем увеличении напряжения до U_4 ток в нем уменьшается до величины i_4. Далее, при последующем возрастании напряжения,

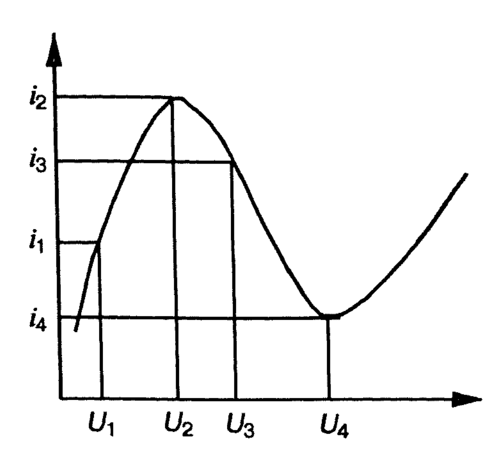


Рис. 5.8. Вольт-амперная характеристика туннельного диода

ток опять начинает возрастать. При такой вольт-амперной характеристике диода *п*, включенного последовательно с резистором *R* (см. рис. 5.7, *б*), возрастающее свыше определенного значения напряжение постоянного тока вызовет в этой цепи протекание пульсирующего тока, состоящего из постоянной и переменной составляющих. Если в эту цепь включить трансформатор *т*, то в его вторичной обмотке будет наводиться ЭДС. Таким образом, появление переменного напряжения на вторичной стороне трансформатора является сигналом о превышении напряжения *U* сверх заданного значения.

Этот принцип используется в регуляторе напряжения для ограничения тока генератора и тока заряда аккумуляторной батареи. Рассмотрим схему ограничения зарядного тока аккумуляторной батареи. От измерительного шунта *3*, установленного в цепи аккумуляторной батареи, напряжение подается на зажимы *5* и *7* (см. рис. 5.7, *г*) регулятора. Во время заряда батареи «+» подается на зажим *7*, а «–» — на зажим *5*. При разряде батареи — наоборот. Для ограничения сигнала при больших разрядных токах (например, при коротких замыканиях цепи батареи) в цепь введен диод *п102*. С возрастанием зарядного тока пропорционально возрастает и напряжение шунта. В регуляторе к зажимам *7* и *5* подключена цепь, состоящая из трансформатора *т102*, туннельного диода *п109*, комбинации резисторов *r103*, *r107*, *r112*. В этой цепи при возрастании напряжения сверх установленного значения, которое можно регулировать в небольших пределах изменением сопротивления резистора *r107*, возникает пульсирующий ток, а во вторичной обмотке трансформатора появляется переменная ЭДС. Этот сигнал вторичной обмотки обрабатывается, усиливается и передается в исполнительную часть регулятора для снижения тока возбуждения и

соответственно напряжения генератора. Для обработки сигнала, поступающего со вторичной обмотки трансформатора, используется микросхема *V101*. Чтобы появился потенциал на выводе *10* микросхемы, необходимо, чтобы потенциал на выводе *5* был выше потенциала на выводе *4*. Потенциал на выводе *5* стабилизирован с помощью стабилитрона *n104*. Если во вторичной обмотке трансформатора ЭДС не индуцируется, то потенциал на выводе *4* не ниже потенциала на выводе *5*, и микросхема находится в закрытом состоянии. При появлении ЭДС в полупериод, когда напряжение в обмотке направлено сверху вниз, увеличивается ток в цепи, состоящей из резисторов *r104, r105* и диода *n103*, обмотки трансформатора *m102*. Большой ток вызывает большое падение напряжения на резисторе *r104* и соответственно снижение потенциала на выводе *4*. В следующий полупериод действию ЭДС, направленной вверх, препятствует разделительный диод *n103*. При снижении потенциала на выводе *4* (что бывает через один полупериод) происходит открытие микросхемы *V101*. Чтобы на выводе *10* микросхемы получался не импульсный сигнал, соответствующий частоте ЭДС трансформатора, а постоянный сигнал, параметры резисторов *r114, r113*, конденсатора *k104* цепи обратной связи подобранны так, что микросхема остается открытой от одного полупериода до другого независимо от продолжительности входного импульса. С выхода микросхемы подается сигнал в виде постоянного потенциала на вход микросхемы *V201* по цепи: резисторы *r115, r116* — диод *n113* — резистор *r207*. Открытие микросхемы *V201* приводит, как было описано выше, к открытию тиристора *n402* и закрытию главного тиристора *n404*. Ток возбуждения и напряжение генератора будут при этом уменьшаться, уменьшится и зарядный ток аккумуляторной батареи. Когда он снизится до установленного значения, тогда сигнал на зажимах *5* и *7* регулятора уменьшится до значения, при котором прекратится пульсирующий ток в цепи туннельного диода, исчезнет ЭДС в трансформаторе, закроются микросхемы *V101* и *V201*, и тогда вновь откроется главный тиристор *n404*.

Таким образом, в случае превышения зарядного тока аккумуляторной батареи заданного значения регулятор ограничивает напряжение генератора по условию непревышения тока заряда батареи. Точно так же действует устройство ограничения тока генератора. Сигнал в виде напряжения от шунта, установленно

го в цепи генератора, подводится к зажимам *3* и *4* регулятора. В цепи, подключенной к зажимам *3* и *4* и состоящей из туннельного диода *n108*, комбинации резисторов *r101*, *r106*, *r111* и первичной обмотки трансформатора *m101*, в случае повышения напряжения на зажимах *3* и *4* сверх установленного значения появляется пульсирующий ток. Переменная ЭДС вторичной обмотки трансформатора *m101* производит точно такие же действия на элементы управления регулятора, как и ЭДС трансформатора *m102*. Увеличение тока генератора сверх установленного значения приводит к снижению тока возбуждения и напряжения генератора до тех пор, пока ток не уменьшится до уставки ограничения. Разделительные диоды *n101* и *n103* исключают взаимное влияние вторичных обмоток трансформаторов. В некоторых системах электроснабжения (или по условиям работы привода, или по условиям недостаточного охлаждения генератора, или по другим условиям) при низких скоростях движения вагона приходится уставку ограничения тока генератора уменьшать. На вагонах, оборудованных генератором DUGG-28B, уставка ограничения тока генератора изменяется в зависимости от скорости движения: наименьшая уставка при начальной скорости включения в работу генератора, и затем она увеличивается по мере возрастания скорости. Так как специального сигнализатора о скорости движения на вагоне нет, то в качестве сигнала скорости используется ток возбуждения генератора, который изменяется в зависимости от скорости.

С увеличением скорости ток возбуждения уменьшается. Для регулирования уставки ограничения тока генератора на зажимы *3* и *4* сигнал подается не от одного шунта тока генератора, а суммарный сигнал от двух шунтов — шунта тока генератора и шунта тока возбуждения. Напряжение срабатывания, при котором начинает действовать регулятор, остается всегда неизменным — примерно 250 мВ. При малых скоростях движения ток возбуждения и сигнал от шунта больше, чем при высоких скоростях. Поэтому при малых скоростях для достижения напряжения срабатывания ограничения тока необходимо меньшее напряжение от шунта в цепи генератора, т.е. ограничение будет наступать при меньших токах. При увеличении скорости движения вагона и соответственно частоты вращения генератора, напряжение генератора вследствие остаточного магнитного потока также возрастает. Плюс этого напряжения подается на зажим *1*

(см. рис. 5.7, *г*) регулятора. Зажим *10* через обмотку возбуждения соединен с «–». Под действием возрастающего напряжения протекает увеличивающийся ток по цепи: зажим *1* — размыкающий контакт *d301/1* обесточенного реле *d300* — резистор *r408* — резистор *r407* — зажим *10* и далее через обмотку возбуждения генератора к «–» генератора. Управляющий вывод и катод главного тиристора *n404* подсоединены параллельно резистору *r407*, на котором с ростом тока увеличивается падение напряжения. Когда падение напряжения на этом резисторе превысит напряжение открытия тиристора, последний откроется и замкнет цепь питания обмотки возбуждения генератора. От этого напряжение генератора будет увеличиваться с большим темпом, так как оно после открытия тиристора определяется не только остаточным магнитным потоком, но и магнитным потоком, создаваемым ампер-витками обмотки возбуждения.

После открытия тиристора ток в контакте *d301/1* уменьшится почти до нуля, так как этот контакт вместе с последовательно соединенным резистором окажется замкнутым тиристором *n404*. В схеме регулятора предусмотрены меры, обеспечивающие поддержание открытого состояния тиристора на этом начальном этапе его работы, когда напряжение генератора не достигло своего номинального значения. Так, если по каким-либо причинам тиристор закроется, то в тот же момент на его управляющем выводе появится напряжение. Ток зажигания потечет через контакт *d301/1* и резистор *r408*. Если в этот начальный этап со стороны микросхемы *V101* появится сигнал, который может привести к закрытию тиристора, то этот сигнал отводится по специальной цепи от точки *M3* через разделительный диод *n306*, замкнутый контакт d*301/1* обесточенного реле к <минусу>. Такая же цепь имеется от входа в микросхему *V201* (через тиристор *r202*, резистор *r306*, разделительный диод *n305* и тот же замкнутый контакт *d301/1* обесточенного реле *d301*). Это продолжается до тех пор, пока скорость движения недостаточна для того, чтобы напряжение генератора достигло 85–95 В, при котором должно включиться реле *d301*. Контроль напряжения генератора и включения реле осуществляется измерительной цепью с резисторами *r301* и *r302*, микросхемой *V301* и транзистором *n301*. Чтобы включилось реле, должен открыться транзистор *p301*, на базу которого должен быть подан положительный потенциал от микросхемы *V301*. Микросхема переходит из закрытого состояния в открытое при условии полу-

чения положительного потенциала на вывод *5* по сравнению с потенциалом вывода *4*. Отрицательный потенциал на выводе *4* увеличен и стабилизирован стабилитроном *n301*. На вывод *5* подается потенциал измерительной цепи через резистор *r304*. Когда увеличивающееся напряжение генератора достигнет установленного значения (примерно 90 В), потенциал вывода *5* становится больше потенциала вывода *4*, микросхема выдает положительный сигнал на базу транзистора *p301*, последний открывается, замыкая цепь катушки реле. Реле *d301* включается, размыкая контакты *d301/1* и *d301/2*. При размыкании контакта *d301/2* в схеме регулятора образуется импульс зажигания гасящего тиристора и затем импульс зажигания главного тиристора. В результате этого при подключении возбуждения на высокой частоте вращения генератора и при минимальной нагрузке его, достигается надежное зажигание главного тиристора и предупреждается появление перенапряжений.

После включения реле регулятор вступает в автоматический режим своей нормальной работы. При снижении скорости движения вагона ниже 40–35 км/ч напряжение генератора начинает снижаться. Когда оно уменьшится до 60–50 В, происходит отключение реле *d301*. Напряжение отключения сделано ниже напряжения включения с целью обеспечить устойчивую беззвонковую работу реле. Это достигнуто путем постановки цепочки обратной связи, состоящей из диода *n304*, резистора *r308*. Действие цепи обратной связи и накопительных конденсаторов *k305* и *k306* обеспечивает замедление отключения реле примерно на 0,3 сек. Для надежной работы микросхемы необходимо обеспечить стабилизированное напряжение, не выходящее за установленные границы и исключающее попадание помех. Стабилизированное напряжение можно получить путем последовательного соединения резистора *R* (рис. 5.9) и стабилитрона *n*. Падение напряжения на стабилитроне меняется незначительно при изменениях протекающего через него тока. Это используется в схемах для получения стабилизированного напряжения. Если параллельно к стабилитрону подключить нагрузки *R1*, *R2*, то они будут работать при стабилизированном напряжении. Если напряжение увеличится, то возрастет ток, протекающий через резистор *R* и стабилитрон *n*. Напряжение на стабилитроне и соответственно на нагрузках *R1* и *R2* останется прежним. Весь прирост питающего напряжения примет резистор *R*.

Подключение дополнительной нагрузки в системе стабилизированного напряжения не влияет на ток, протекающий через резистор *R*, но вызывает перераспределение тока между стабилизатором и нагрузкой. Так, например, если при предварительно включенной нагрузке *R1* включить нагрузку *R2*, то ток в стабилитроне уменьшится на значение тока нагрузки *R2*, а токи в цепи резистора *R* и в цепи нагрузки *R1* останутся неизменными. Стабилизированное напряжение для питания микросхем *V101* (см. рис. 5.7, *г*) и *V102* получается на стабилитронах *п212* и *п213*, подключенных к напряжению генератора через резистор *r401*. Схема питания микросхемы *V201* с помощью диода *п205* отделена от напряжения с импульсными помехами и схем питания другой микросхемы и напряжение отфильтровано конденсаторами *k208* и *k209*. Стабилизированное напряжение для питания микросхемы *V301* получается на стабилитроне *п311*, подключенном к входному напряжению через диод *п308*, резисторы *r314*, *r315* и стабилитроны *п309* и *п310*. Стабилизированное напряжение для питания реле *d301* получается на трех последовательно соединенных стабилитронах *п309*, *п310*, *п311*, подключенных к входному напряжению через диод *п308* и резисторы *r314*, *r315*.

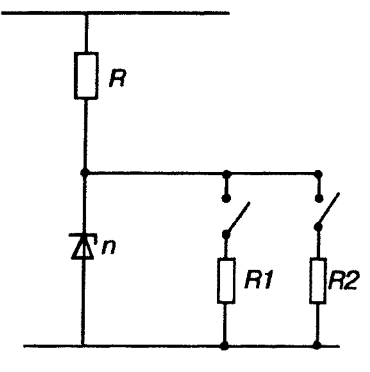


Рис. 5.9. Схема получения стабилизированного напряжения

Вставной блок тиристорного регулятора. Вставной блок тиристорного регулятора включает в себя аппаратуру, относящуюся к системе регулирования напряжения генератора и ограничения токов в системе электроснабжения вагона. На стальной раме вставного блока установлены тиристорный регулятор *1* (рис. 5.10), шунты *2* и *11*, разделительный диод *3* с радиатором, реле максимального напряжения *4*, резисторы *5* и *8*, диоды *6* и *9*, предохранители *7* и *10*, реле тока генератора *12*, ко всем аппаратам имеется доступ с передней стороны вставного блока. Приборы и аппараты установлены так, что обеспечивается снизу вверх приток свежего воздуха, который отводит тепло от аппаратуры. Две ручки, приваренные справа и слева, облегчают съем и постановку блока, масса

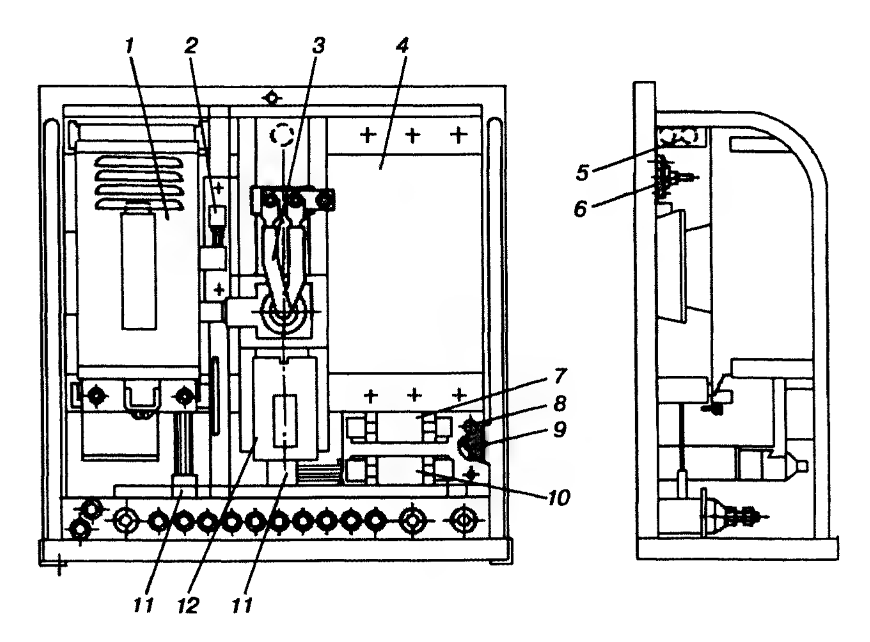


Рис. 5.10. Общий вид вставного блока тиристорного регулятора

которого составляет примерно 25 кг. Радиатор, на котором установлен разделительный диод, закреплен на двух поперечинах рамы. Он электрически изолирован от рамы блока. Электрические соединения в силовых цепях выполнены из никелированной ленты, а в остальных цепях — из морозостойкого гибкого провода с пластмассовой изоляцией. Для подсоединения вставного блока к электрическим цепям вагона на нем имеется рейка с клеммами.

Особенности конструкции тиристорного регулятора. Электрическая схема тиристорного регулятора (рис. 5.11) делится на четыре части: *1* — содержит элементы, обеспечивающие ограничение тока аккумуляторной батареи и генератора, *2* — создает импульсы управления тиристорами, *3* — релейная часть, *4* — оконечный каскад с главным тиристором. Приборы и элементы каждой части собраны в отдельные группы. Элементы первых трех частей смонтированы на трех печатных платах одинакового размера (рис. 5.12).

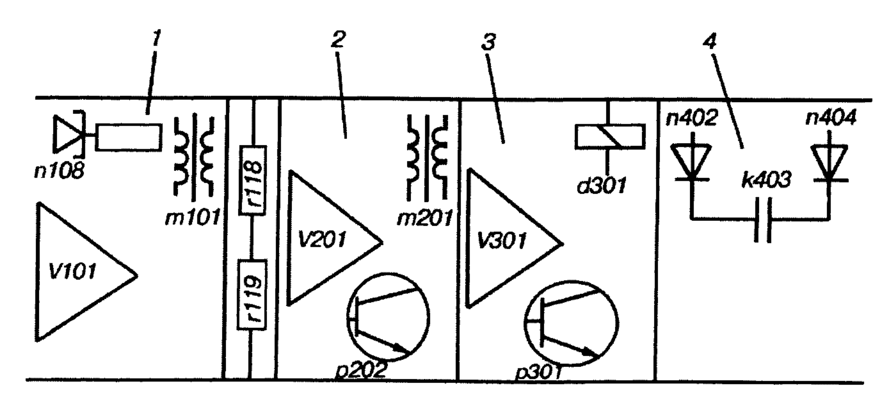


Рис. 5.11. Блок-схема реглятора напряжения 2460

Элементы четвертой группы смонтированы на панели и залиты смолой. Для тиристоров (главного и запирающего), ограничивающего резистора *r401* в цепи стабилизации напряжения и для диода *n401* предусмотрена возможность их замены. Вспомогательные элементы тиристоров установлены на изоляционной пластине рядом с тиристорами. Каждый носитель элементов (плата) помещен в свой резиновый короб-кассету. Электрические соединения носителей с оконечным каскадом и с выходными зажимами регулятора осуществляются через штепсельные штифты, проходящие через стенки резиновой кассеты. На штифты насаживаются планки с контактными гнездами и соединительными проводами. Три кассеты и оконечный каскад регулятора после их установки закрываются элементами разборного корпуса со взаимным креплением, при

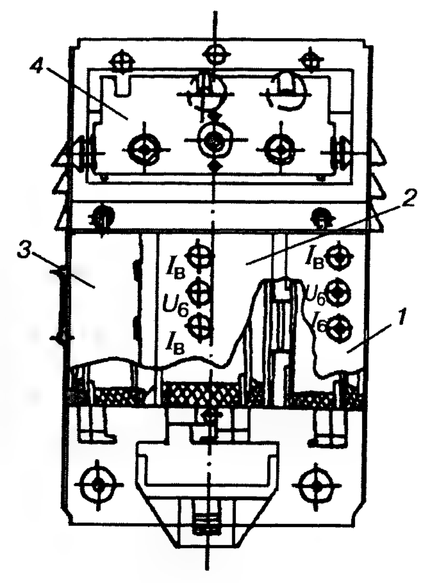


Рис. 5.12. Регулятор напряжения 2460

этом кассеты стягиваются. Для электрического соединения элементов регулятора с электрооборудованием вагона на регуляторе предусмотрен десятиполюсный штепсель. В блоке регулятор подвешен двумя верхними кронштейнами. Задвижка, находящаяся внизу корпуса, надежно фиксирует положение регулятора.

5.6. Тиристорный регулятор напряжения 2470.057

5.6.1. Общие сведения

Регулятор возбуждения генератора предназначен для: обеспечения заданного напряжения в системе электроснабжения вагона; регулирования зарядного напряжения батареи в зависимости от температуры воздуха в батарейном ящике; регулирования тока заряда батарей; регулирования тока генератора в зависимости от нагрузки; регулирования тока генератора в зависимости от тока возбуждения (ограничение вращающего момента); регулирования тока генератора в зависимости от температуры обмоток генератора.

Регулятор возбуждения выполняет ряд защитных функций: обеспечивает отключение генератора при коротком замыкании; ограничивает ток возбуждения; ограничивает перенапряжение батареи; защиту от пониженного напряжения регулировочного контура при обрыве датчика действительного значения напряжения; защиту регулировочного контура датчика тока генератора; контроль датчика температуры; обеспечивает аварийную защиту; сигнализацию повышенной температуры генератора.

Регулятор напряжения генератора DCG-4435. Устройство регулирования и управления автономного электроснабжения (АЭС) RGA-5 с генератором DCG-4435 состоит из регулятора возбуждения генератора и электронной защиты от минимального напряжения, установленных в электронном блоке.

Регулятор напряжения возбуждения генератора поддерживает постоянное напряжение на зажимах генератора, включенного последовательно с выпрямителем, и обеспечивает питание постоянным током потребителей и зарядку аккумуляторной батареи.

Регулятор напряжения возбуждения генератора обеспечивает

оптимальное самовозбуждение генератора и поддерживает напряжение на зажимах генератора в зависимости от тока нагрузки и температуры в батарейном ящике. Многочисленные защитные меры, предусмотренные в регуляторе напряжения, предотвращают возможные по электрическим причинам тепловую перегрузку генератора, возникновение слишком высокого напряжения, опасного для потребителей, вследствие аварий и ограничения вращающего момента привода генератора; при превышении предельно допустимой температуры генератора срабатывает сигнализация. Питание регулятора напряжения производится от аккумуляторной батареи напряжением 110 В. Обмотка возбуждения питается непосредственно от генератора через вспомогательный выпрямитель с последовательно включенным предохранителем 6 А.

Регулируемое напряжение замеряется непосредственно у потребителей. Ток генератора, ток батареи и ток возбуждения замеряются с помощью шунтов 150 мВ отрицательного потенциала установки. Электронный блок имеет электронную защиту от минимального напряжения, подключающую и отключающую нагрузки в зависимости от напряжения батареи и мощности генератора в данный момент.

С помощью блока *X52* можно в любой момент произвести диагностику всех возможных функций регулятора и контроль установок как при вращающемся, так и при неподвижном генераторе.

Регулятор напряжения и электронная защита от минимального напряжения состоят из следующих узлов (рис. 5.13):

Место присоединения для диагностики	X52
Входной блок FGE 61	типа 2472 061
Блок мощности NGL 51	типа 2477 051
Блок регулирования и управления EGR 51	типа 2471 051/02
Блок защиты генератора EGS 51	типа 2471 061/04
Устройство управления зарядным напряжением в зависимости от температуры EBT 71	типа 2471 071/02
Блок электроснабжения GSN 51	типа 2473 051
Блок электронной защиты от минимального напряжения FLS 73	типа 2472 073/01
Устройство сигнализации 1K 51	типа 2475 051

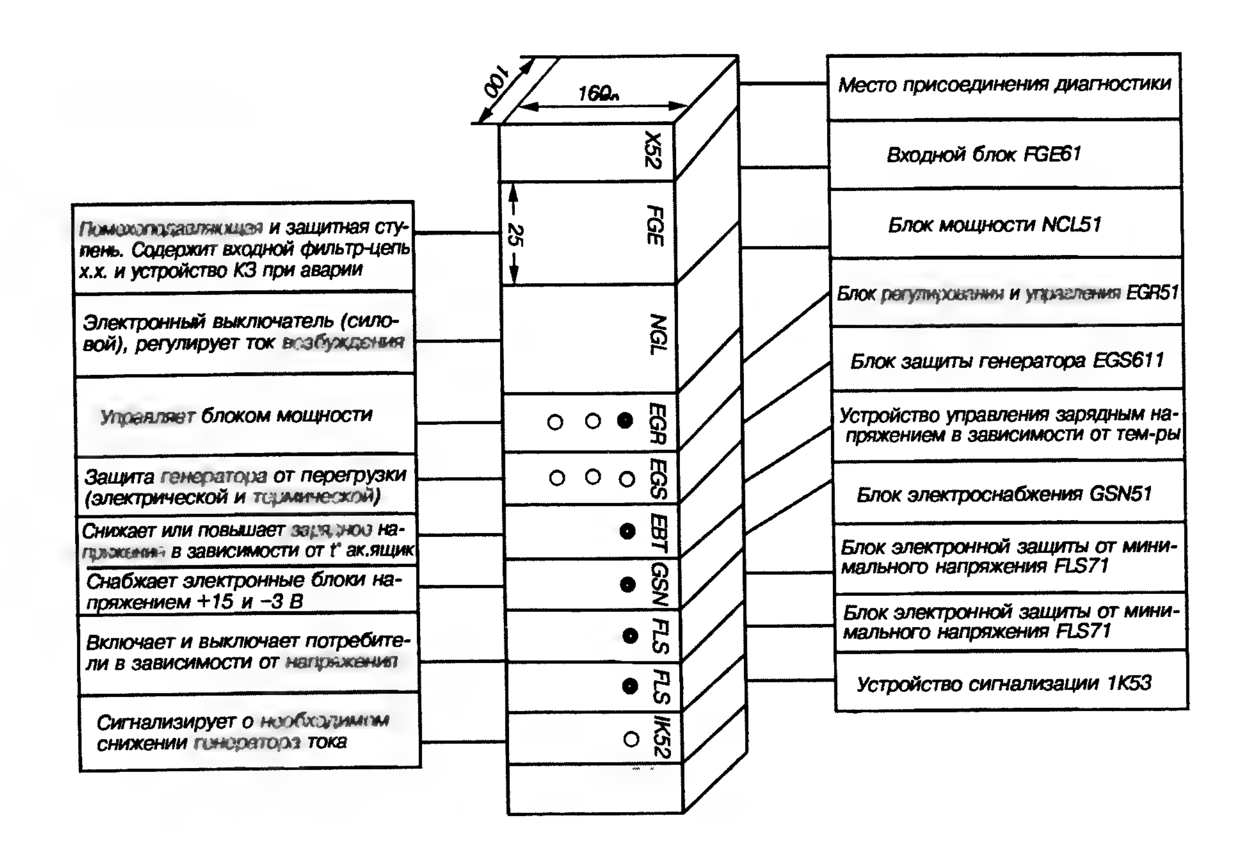


Рис. 5.13. Блок-схема регулятора 2470.057

Параметры регулятора напряжения:

Область применения	системы единиц рельсового подвижного состава с генераторной установкой RGA 5–32 кВт и включенным за ней выпрямителем
Принцип действия	переключающий регулятор с постоянной частотой (1 кГц)
Характеристика регулирования	вольт-амперная по току батареи и генератора
Номинальное рабочее напряжение	110 В постоянного тока
Диапазон рабочего напряжения	от 0,67 до 1,64 $U_{ном}$
Режим работы	длительный

Функции регулятора напряжения:

регулирование напряжения; управление зарядным напряжением в зависимости от температуры; регулирование тока батареи; регулирование тока генератора в зависимости от нагрузки; регулирование тока генератора в зависимости от величины тока возбуждения (ограничение вращающего момента); регулирование тока генератора в зависимости от температуры обмотки (ограничение температуры генератора); защита при коротком замыкании; ограничение тока возбуждения; ограничение перенапряжения батареи; защита от пониженного напряжения регулировочного контура в случае обрыва датчика действительного значения напряжения; защита регулировочного контура датчика действительного значения тока генератора; контроль датчиков температуры; аварийная защита; сигнализация «повышенная температура генератора».

Измерительные шунты: тока батареи 150 А/150 мВ;
тока генератора 250 А/150 мВ;
тока возбуждения 6 А/150 мВ.

Температурные щупы: PT 100.

Условные номера: EGR51 тип 2471 051/02;
EGS61 тип 2471 061/04;
EBT71 тип 2471 071/02;
FLS73 тип 2472 073/01.

Техническая характеристика

Основное отрегулированное напряжение
$U_{3,01-3,06}$, В .... 135 В±0,5%
Температурная стабильность .... ≤ ± 0,03%/К
Управление зарядным напряжением в зависимости от температуры
Основное сопротивление $R_{3,07-4,08}$, Ом .... 106,6±0,5%
(соответствует 17°С)

Измерение отрегулированного напряжения в зависимости от температуры
$dU_{3,01-3,06}/dU_{3,07-4,08}$, В/Ом .... –0,75±1,5%
(соответствует –0,291 В/К)

Максимальное отрегулированное напряжение $U_{3,01-3,06\ макс}$, В .... 141±1,5%
Перенапряжение $U_{3,01-3,06\ макс}$, В .... 145±2%
Ограничение напряжения генератора
$U_{3,04-3,06\ макс}$, В .... 165±5,0%
Ток батареи
Отрегулированное напряжение шунта
$U_{1,08-2,08}$, мВ .... 90±1,5%
(соответствует 90А)

Ток генератора
Отрегулированное напряжение шунта
$U_{1,07-2,07}$, В .... 138±1,5%
(соответствует 230А)

Температурная стабильность .... ≤ ±0,05%/К
Регулирование напряжения генератора тока в зависимости от тока возбуждения
$U_{1,07-2,07}$ f ($U_{3,10-4,10}$), мВ:
при $U_{3,10-4,10}$ = 80 мВ .... 132,5+2%
при $U_{3,10-4,10}$ = 100 мВ .... 102±5%
(соответствует максимальному вращающему моменту Md = 420 Н·м)

Соотношение вмешательства (соотношение между напряжением обмотки возбуждения и напряжением шунта тока возбуждения соответствует максимальному сопротивлению обмотки возбуждения) регулирования тока генератора в зависимости от температуры обмотки $U_{3,05-3,06}/U_{3,10-4,10}$ .... 1516±1,0%
(соответствует $R_{возб}$ = 37,9 Ом)

Температурная стабильность
Ограничение тока возбуждения
$U_{3,10-4,10\ макс}$, мВ .... 125 ± 10%
(соответствует 5А)

Напряжение возбуждения при аварийном коротком замыкании $U_{3,05-3,06}$, В .... > 70 ч без тактирования
Постоянная времени $t_к$ .... 85 мс
Электронная защита от минимального напряжения, В:
ступень I:
напряжение срабатывания $U_{3,01-3,06}$, В .... 115±1,5%;
напряжение отключения $U_{3,01-3,06}$, В .... 87±1,5%
Предел радиопомех .... G по VDE 0875 часть 3
Диапазон рабочих температур, °С .... от –25 до +50

Лицевая панель регулятора представлена на рис. 5.14.

Характеристики регулятора 2470.057 даны на рис. 5.15.

Принцип действия. Регулятор возбуждения генератора является регулятором прерывистого действия. Перед обмоткой возбуждения имеется транзисторная ступень переключения, которая периодически с частотой около 1 кГц подключает и отключает напряжение генератора. Контролируемые величины, как то: напряжение установки, ток батареи, ток возбуждения, ток генератора снимаются с измерительных шунтов, сравниваются с заданными значениями и обрабатываются соответствующими усилителями. Выходные напряжения этих усилителей подаются широтно-импульсному модулятору. Выходное напряжение того усилителя, значение которого максимально превышает заданное значение, преобразовывается в прямоугольный сигнал. Этот прямоугольный сигнал управляет транзисторной ступенью переключения.

X 5 2	F G E	N G L	E G R ● ○ ○	E G S ○ ○ ○	E B T ●	G S N ●	F L S ●	F L S ●	1 K 5 1	

Рис. 5.14. Лицевая панель регулятора 2470.057

Части системы автономного электроснабжения (АЭС)

Генераторная установка	Батарея	Устройство регулирования и управления	Шунты			Температурный щуп батарейного ящика
			генераторного тока	батарейного тока	тока возбуждения	
RGA 5 32 кВт	NC 390 А·ч 87 элем.	2470 057	250 А/150 мВ	150/150 мВ	6 А/150 мВ	Pt 100

Оснастка устройства регулирования и управления

	FGE 61	NGL 51	ERG 51	EGS 61	EBT 71	GSN 51	FLS 71	FLS 71	1K55
Тип/ усл. №	2472 061	2477 051	2471 051/02	2471 061/04	2471 071/02	2473 051	2472 073/01	2473 073/01	2475 051

Параметры установки

EGR 51 типа 2471 051/02				EBT 71 типа 2471 071/02					
Усл. №	Батарейный ток	Перенапряжение генератора	Основное отрегулированное напряжение	Температура батарейного ящика при основном отрегулированном напряжении	Изменение отрегулированного напряжения в зависимости от температуры	Максимальное отрегулированное напряжение	Температура батарейного ящика	Перенапряжение установки	Усл. №
/02	90 A	165 B	135 B	17°C	−0,29В/К	141 B	−3°C	145 B	/02

EGS 61 типа 2471 061/04									
Усл. №	Максимальный генераторный ток (I)	Вращающий момент (M) $Md(\max) = I(G)$ при $U(G)$ и n или $I(E)$					Повышенная температура генератора		Ток возбуждения
/04	230 A	420 Н·м	221 A	140 B	900 $мин^{-1}$	3,2 A	130°C	37,9 Ω	5 A

FLS 73 Электронная защита от минимального напряжения типа 2472 073/01					
Усл. №	$U_{вкл.1}$	$U_{вкл.2}$	$U_{выкл.1}$	$U_{выкл.2}$	$U_{выкл.3}$
/01	115 B	120 B	87 B	100 B	115 B

Рис. 5.15. Характеристики регулятора 2470.057

Управление напряжением заряда аккумуляторной батареи производится в зависимости от температуры воздуха в батарейном ящике.

При повышении температуры в батарейном ящике выше +17°С напряжение заряда снижается, а при понижении температуры повышается. Максимальное напряжение заряда 140 В. При дефекте температурного щупа напряжение заряда равняется основному отрегулированному напряжению.

Для защиты привода от перегрузки используется тот факт, что потребность генератора в токе возбуждения зависит от скорости вращения и отдаваемой мощности, т.е. $I_{в.т.} = f(V, P)$, где: $I_{в.т.}$ – ток возбуждения генератора; V — скорость вращения ротора; P — отдаваемая мощность.

Поэтому ограничение тока генератора в зависимости от тока возбуждения $I_{г.} = f(I_{в.г.})$ снижает вращающий момент привода генератора. Чем значительнее ток возбуждения превышает 3 А, тем резче снижается ток генератора.

Температура обмоток генератора определяется сопротивлением обмотки возбуждения ($R_{овг} = U_{в.г.}/I_{в.г.}$).

Если сопротивление возбуждения $R_{возб.}$ превышает определенное значение, то снижается ток генератора настолько, чтобы сопротивление возбуждения осталось без изменения. Устройство сигнализации (*1K51*) сигнализирует «повышенную температуру генератора», если ток генератора вследствие его высокой температуры снижается примерно вдвое.

Устройство состоит из реле удержания, включающегося и выключающегося триггером.

Если на обмотку возбуждения подается нетактированное напряжение выше 70 В, то это говорит о серьезной помехе. В этом случае вход возбуждения замыкается накоротко устройством аварийной защиты и перегорает, включенный перед регулятором, предохранитель. Для проверки работоспособности регулятора возбуждения генератора, при неработающем генераторе, вместо напряжения генератора через транзисторную ступень переключения подается напряжение установки (сети). С помощью входа регулирования заданного значения напряжение батареи проверяется работоспособность регулятора возбуждения генератора с подключенной обмоткой возбуждения.

Напряжение управления для обработки данных регулятора возбуждения подается с помощью трансвертора (*GSN 51*) из

напряжения сети. Электронная защита от минимального напряжения включает и выключает различные нагрузки в зависимости от напряжения сети и нагрузочной способности генератора.

Общее техническое описание. Электроснабжение обмотки возбуждения осуществляется от вспомогательной сети трехфазного тока генератора. Выпрямленное напряжение возбуждения подается транзисторному оконечному каскаду блока мощности *NGL 51* через подавляющий и входной фильтр входного блока *FGE 61*.

Транзисторная ступень переключения управляется блоком регулирования (см. рис. 5.13) и управления *EGR 51*, перед которым включены узел защиты генератора *EGS 61* и узел управления зарядным напряжением в зависимости от температуры *EBT 71*. Электроснабжение этих узлов осуществляется через трансвертор (*GSN 51*) от аккумуляторной батареи вагона, если главный выключатель установки *2a2* не находится в положении «выключено».

Рабочее состояние трансвертора сигнализируется светодиодом (СИД) «включено» на блоке *GSN 51*. Одновременно светодиодом «включено» узла *EGR 51* сигнализируется готовность устройства регулирования к эксплуатации.

Если устройство регулирования готово к эксплуатации, а выключатель не находится в положении «питание», то в момент начала вращения генератора остаточное его напряжение через выключенный транзисторный оконечный каскад подается обмотке возбуждения. Нарастает возбуждение генератора. При этом для контроля работоспособности и управляемости оконечного каскада мощности напряжение обмотки возбуждения в такте 1 мс кратковременно включается и опять выключается.

Если готовность к эксплуатации устройства регулирования не обеспечивается из-за того, что напряжение установки ниже 50 В, то оконечный каскад мощности может включаться кнопкой *1b2* от остаточного напряжения. При этом, также возможно нарастание возбуждения генератора.

Предпосылкой дальнейшей нормальной работы генератора, конечно, является то, что главный выключатель установки *2a2* не находится в положении «выключено» и что напряжение установки на соответствующих входах соответствует генераторному напряжению.

Начало нарастания возбуждения сигнализируется сигнальными светодиодами *1h1* «генератор» на щите распределительного шкафа и *1h3* «возбуждение» в распределительном шкафу.

Вышеуказанный максимальный коэффициент заполнения $V_{тмакс}$, т.е., длительное время отключения относительно времени такта транзисторного оконечного каскада 1 мс продолжается до тех пор, пока одна из регулируемых величин не достигнет заданного значения. Помимо регулируемого напряжения установки или напряжения батареи посредством шунтов отрицательного потенциала установки или же регулятора заменяются токи генератора, батареи и возбуждения. В момент превышения одного из заданных значений регулятор начинает регулировать соответствующее напряжение на заданное значение. Возникающее при этом, вследствие уменьшения коэффициента заполнения включения оконечного мощного каскада, снижение напряжения возбуждения сигнализируется светодиодом $U_{возб.}$, установленным на блоке *EGR 51*. При этом интенсивность свечения зависит от величины поля возбуждения. В противоположность этому, сигнальный светодиод *1h3* «возбуждение генератора» становится все темнее.

Основное значение отрегулированного напряжения, установленного на узле *EGR 51* и соответствующего напряжению генератора в нормальных условиях, изменяется с помощью блока управления зарядным напряжением в зависимости от температуры *EBT 71*. Блок управления зарядным напряжением обрабатывает рассогласование мостовой схемы, в которой находится щуп батарейного ящика и которая настроена на значение основного сопротивления. При снижении температуры в батарейном ящике повышение генераторного напряжения ограничивается 141 В. Правильное подключение температурного щупа сигнализируется светодиодом «температурный щуп» блока *EBT 71*. Если система оборудована зарядным и переключающим устройством (*ЗПУ*) батареи, то регулирование зарядного напряжения в зависимости от температуры не действует. Если напряжение шунта генераторного или батарейного тока превышает заданное значение, то начинает работать соответствующий регулятор. Надо указать на то, что перед вмешательством или при изменении вида регулирования значение напряжения кратковременно выходит за заданный предел. Таким образом, в определенных условиях генератор может более длительно работать точно в точке изгиба, например, вольт-амперной характеристики. Если регулятор от регулирования напряжения переходит на регулирование тока, то зажигается соответствующий *СИД*. Во время

регулирования тока батареи светит *СИД* «I» на блоке *EGR 51*. Абсолютное регулирование генераторного тока сигнализируется светодиодом *I* на блоке *EGS 61*. Надо указать на то, что соответствующие светодиоды, возможно, уже светят или еще светят перед тем или после того как действует соответствующий вид регулирования.

Если при низких скоростях вращения передача вращающего момента элементами привода генератора невозможна, то необходимое ограничение генераторного тока в зависимости от скорости вращения осуществляется путем регулирования генераторного тока в зависимости от тока возбуждения, так как потребность генератора в токе возбуждения зависит от скорости вращения. Этот режим работы регулятора возбуждения генератора сигнализируется светодиодом *M* на блоке *EGS 61*. Если генератор долго работает в неблагоприятных условиях охлаждения при полной нагрузке, а вследствие этого возникает опасность перегрева, то начинает действовать регулирование генераторного тока в зависимости от температуры обмотки, как указано выше. При этом режиме на блоке защиты генератора *EGS 61* дополнительно к светодиоду *I* или *M* зажигается светодиод *T*. В отношении светодиода *T* также действует вышеуказанная особенность, а именно, что он может светиться перед началом и после окончания этого режима работы.

Другой причиной этого режима может являться недопустимая работа генератора на двух фазах.

Если генератор нагревается так сильно, что необходимо уменьшить заданное значение генераторного тока более чем на половину, то включается реле удержания на блоке *1K 51*. Тогда на щите распределительного шкафа с помощью *1h8* сигнализируется «повышенная температура генератора». Сигнал можно выключать после того как температура генератора опять снизилась. Электронная защита от минимального напряжения состоит из двух ступеней (двух блоков *FLS 73*) с прямой и обратной блокировкой, т.е., вторая ступень включается только в том случае, если первая включена, а первая ступень включается только при выключенной второй ступени. Блок электронной защиты от минимального напряжения состоит из бистабильной триггерной ступени с релейно-контактным выходом, свободным от потенциала. Защита включается, если напряжение установки превышает соответствующее значение срабатывания, а коэффициент

заполнения напряжения возбуждения генератора ниже 0,8 (т.е., так же и 0) и если нет ограничения генераторного тока. В момент введения установки в эксплуатацию, т.е., при включении главного выключателя установки, всегда включается электронная защита от минимального напряжения.

Блок электронной защиты от минимального напряжения отключается, если напряжение установки ниже соответствующего значения отключения. Выходы блока отключаются через аварийное реле *1d4*.

Защитные меры. В устройстве регулирования и управления содержится ряд защитных схем, обеспечивающих в случае помехи предотвращение отрицательных последствий для самого устройства регулирования, для генераторной установки и для подключенных потребителей, причем по мере возможности обеспечивается работа в аварийном режиме.

В блоке мощности содержится защитная ступень, предотвращающая перегрузку в том числе и кратковременную, транзисторной ступени переключения. Если мощность потерь на мощных транзисторах становится слишком высокой, то немедленно ограничивается нагрузочный ток. Кроме того, в случае необходимости осуществляется ограничение тока возбуждения с регулированием через блок *EGS 61*. В случае обрыва датчика действительного значения напряжения в блоке измерение действительного значения напряжения установки осуществляется внутренней защитой от пониженного напряжения регулировочного контура *EGR 51*. В случае размыкания немедленно запирается транзисторная ступень переключения блока мощности *NGL 51*, одновременно развозбуждается генератор. Входное напряжение системы регулирования контролируется узлом защиты от перенапряжений *I* блока регулирования и управления *EGR 51*. Этим предотвращается неконтролируемое повышение генераторного напряжения, например, в случае дефекта предохранителя *1e1*. Эта схема защиты от перенапряжения, кроме того, уменьшает пики перенапряжения после сброса нагрузки, так как срабатывание ее приводит к немедленному развозбуждению генератора. Надлежащая работа узла защиты генератора *EGS 61* и его токоизмерительных звеньев контролируется двумя защитными ступенями блока *EGR 51*. С одной стороны, защита от перенапряжений *II* контролирует входное напряжение самого регулирующего усилителя, а с другой стороны, защита от пониженного

напряжения контролирует выходное напряжение усилителя генераторного тока. В связи с этим, неправильная полюсовка или излом подводящего провода одного из шунтов приводит к развозбуждению генератора.

Температурный щуп *1f3* батарейного ящика постоянно контролируется, так что в случае дефекта щупа блок *EBT 71* не работает и светодиод «темп. щуп» на блоке *EBT 71* погаснет. Генераторное напряжение тогда устанавливается на уровне основного отрегулированного напряжения. Помимо этого, блок *ЕБТ 71* содержит ограничитель перенапряжения батареи, отрегулированный на 145 В.

Блок питания управляющим током *GSN 51* снабжен слаботочным предохранителем, срабатывающим в случае дефекта трансвертора, если напряжение питания других блоков повышалось бы до недопустимых значений. Слишком низкое питающее напряжение приводит к срабатыванию внутренней защиты от пониженного рабочего напряжения блока управления регулирования *EGR 51*, вследствие чего также развозбуждается генератор. Если неисправность блока управления или блока мощности состоит в том, что катушке возбуждения постоянно подается нетактированное напряжение ≥70 В, то срабатывает аварийная защита узла *FGE 61*. При этом вход устройства регулирования замыкается накоротко, а вследствие этого срабатывает включенный перед ним предохранитель 6 А.

5.6.2. Входной блок FGE 61

Назначение. Блок *FGE 61* (рис. 5.16) является помехоподавляющей и защитной ступенью для системы регулирования возбуждения генератора, оборудованной блоком мощности *NGL 51*. Блок *FGE 61* содержит помехоподавляющий и входной фильтры, цепь холостого хода и устройство короткого замыкания при аварии.

Принцип действия. Перед блоком мощности включен высокочастотный фильтр, задачей которого является защита входных и выходных проводов от высокочастотных колебаний, возникающих в блоке мощности *NGL 51* при включении и выключении напряжения возбуждения. Этот фильтр состоит из дросселя со стержневым сердечником *L2* и конденсаторов *C4* до *C6*. Этот фильтр сглаживает пики напряжения.

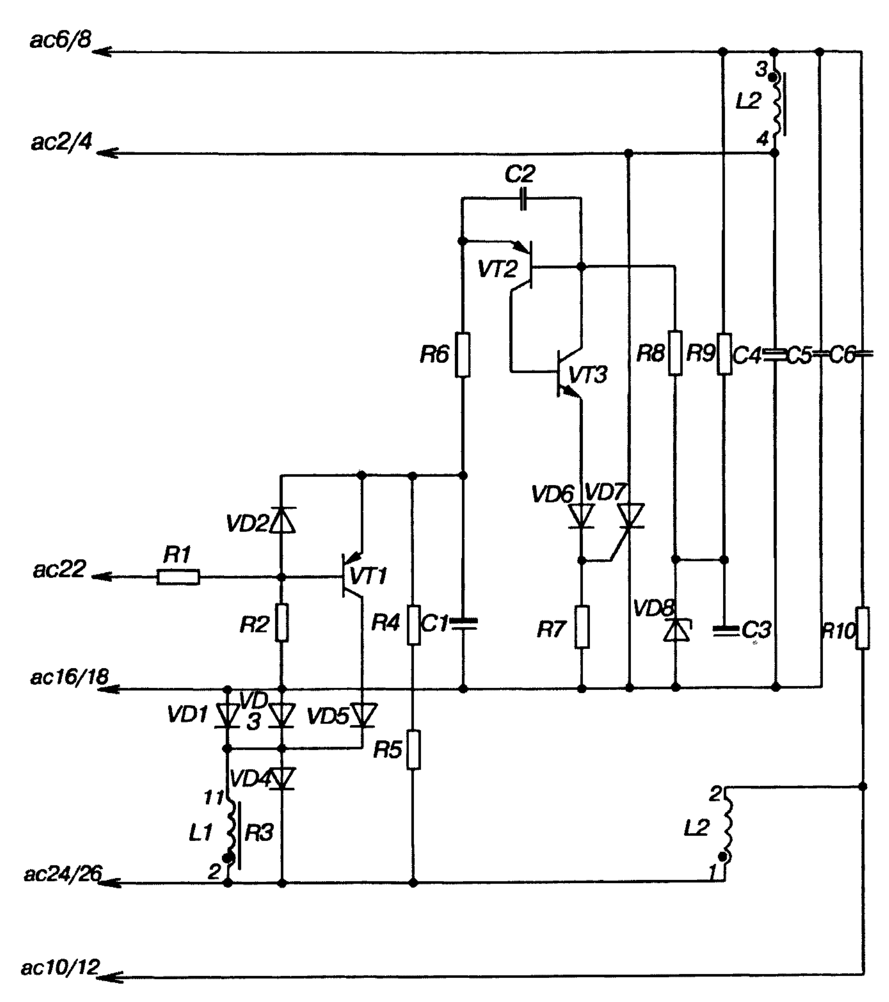


Рис. 5.16. Электрическая схема входного блока *FGE 61*

В цепь холостого хода, между контактами *ac16/18* и *ac24/26*, последовательно с диодами холостого хода *VD1* и *VD3* включена индуктивность *L1*. Эта индуктивность уменьшает потери при включении мощных транзисторов блока мощности *NGL 51*, отдавая при включении блока мощности энергию, накопленную во время холостого хода. Сопротивление *R3*, включенное параллельно *L1*, ограничивает отрицательный пик напряжения

возбуждения, вызванный индуктивностью *L1*. Задачей устройства аварийной защиты является контроль периодического кратковременного отключения напряжения возбуждения (контакт *ac10/12*) через блок мощности. Если тактирование напряжения возбуждения отсутствует, например, вследствие помехи в блоке мощности или блоке управления, то открывается тиристор *VD7*, замыкающий накоротко всю систему регулирования с полем возбуждения генератора. Это приводит к срабатыванию включенного перед входом *ac06/08* предохранителя, отключению системы регулирования возбуждения от источника напряжения. Короткое замыкание возникает в случае превышения непрерывного напряжения возбуждения около 70 В. Оно вызывается пороговым выключателем (*VT2, VT3* и *VT8*) не позже 0,3 сек. В случае тактированного сигнала, если напряжение возбуждения периодически отключается, конденсатор *C1* постоянно разряжается во время холостого хода возбуждения через транзистор *VT1*. Если на испытательный вход аварийной защиты *ac22* подается, например, напряжение установки, то транзистор *VT1* запирается, а аварийная защита срабатывает и при тактированном сигнале.

5.6.3. Блок мощности NGL 51

Назначение. Блок *NGL 51* (рис. 5.17) является электронным силовым выключателем.

Принцип действия. Силовой выключатель в основном состоит из двух мощных транзисторов *VT2* и *VT3*, включенных параллельно и работающих в двухтактном режиме, и трансформатора *T1*. Напряжение возбуждения через входной блок *FGE 61* подается на вход *dz4/6*. Если в момент нарастания возбуждения *dz2* соединить со входом *dz4/6*, то транзистор *VT3* уже при низком выходном напряжении получает ток базы, и силовой выключатель включается. Дальнейшее снабжение транзисторов током базы после этого осуществляется попеременно через трансформаторную обратную связь тока трансформатора *T1* от собственного тока эмиттера. Таким образом, транзисторный силовой выключатель представляет собой осциллятор, причем ток возбуждения генератора попеременно поступает через транзисторы *VT2* и *VT3*. Время включения обоих транзисторов непосредственно пропорционально нагрузочному току и составляет от 0,02 до 0,4 мс.

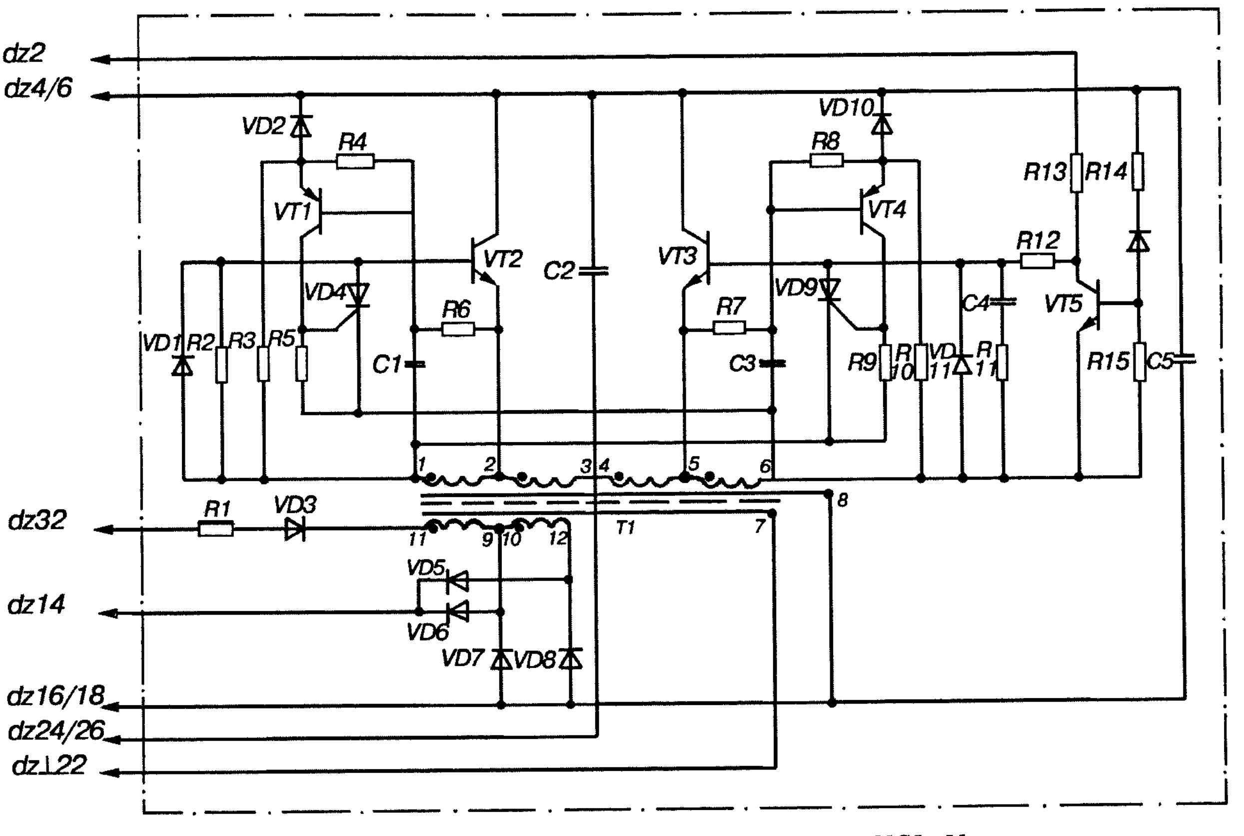


Рис. 5.17. Электрическая схема блока мощности *NGL 51*

В нормальных условиях силовой выключатель включается и выключается с помощью управляющего входа *dzl4*. Ток через блок мощности прерывается, если управляющий вход *dzl4* замкнут накоротко с опорным потенциалом *dzl6/18*. Вследствие этого, напряжение на всех обмотках будет равно нулю, а снабжение мощных транзисторов током базы прерывается. Если на выходе *dz32* имеется предусмотренное рабочее напряжение 15 В, то в момент снятия короткого замыкания между *dzl4* и *dzl6/18* транзистор *VT3* включается через трансформированное индуктивное напряжение обмотки *Tl*, *11-9*. Таким образом, снова подается напряжение возбуждения. С помощью делителей напряжения *R4*, *R6* или *R7*, *R8* и диода *VD2* или *VD10* замеряется падение напряжения на соответствующем находящемся в проводящем состоянии мощном транзисторе. Если это напряжение вследствие слишком большого нагрузочного тока превышет значение около 1,5 В до 2 В, то через транзистор *VTl* или *VT4* открывается тиристор *VD4* или *VD9*. Вследствие этого на соответствующий мощный транзистор подается отрицательное напряжение базы, запирающее его. Этим обеспечивается ограничение нагрузочного тока в соответствии с мгновенной мощностью мощных транзисторов.

5.6.4. Блок регулирования и управления EGR 51

Назначение. Блок *EGR 51* (рис 5.18) предназначен для управления блоком мощности *NGL*. Блок содержит регулирующий усилитель напряжения и регулирующий усилитель тока. Регулирующий усилитель тока используется для ограничения батарейного тока. Блок имеет вход для подключения регулирующего усилителя устройства защиты генератора *EGS 61*. Этим обеспечивается возможность регулирования генератора по характеристике $f(U, I)$.

Принцип действия. Если на входах *ас32-ас18* имеется положительное рабочее напряжение, то светоизлучающий диод «*включ.*» (*Bl*) сигнализирует готовность блока к эксплуатации.

Главным элементом блока регулирования и управления является интегральная схема № 2. Она с помощью внешних цепей объединяет в себе следующие функциональные единицы: регулирующий усилитель напряжения с пропорционально-интег-

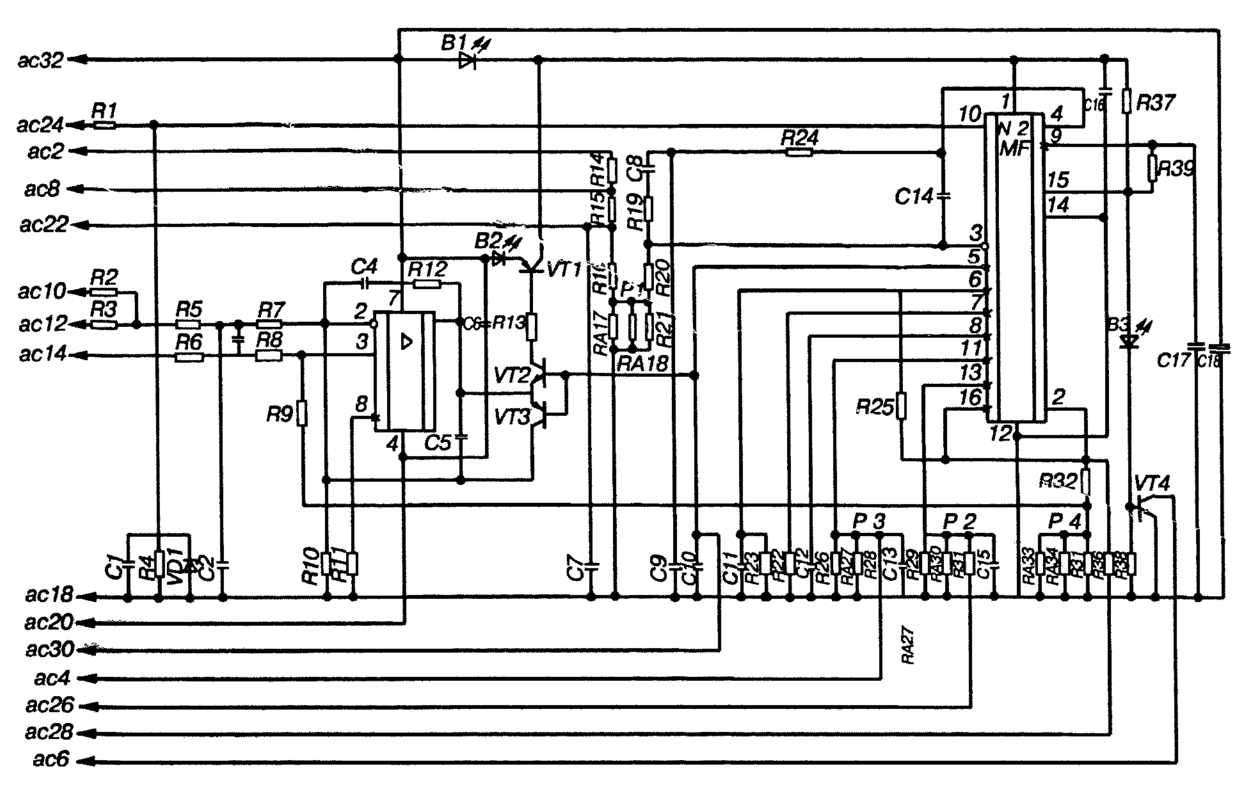


Рис. 5.18. Электрическая схема блока регулирования управления *EGR 51*

рально-дифференциальным поведением (*R19*, *R20*, *R24*, *C8*, *C9*, *C14*), датчик заданного значения, генератор пилообразных колебаний (*R23*, *C12*), широтно-импульсный модулятор и различные защитные функции.

Регулируемое напряжение, имеющееся на выходе *1* (*ac2* для U>110 В) или на выходе *2* (*ac8* для U > 24 В), через согласованный делитель напряжения (*R14*, *R15*, *R16*, *P1*) подается управляющей интегральной схеме №2. На выходе регулирующего усилителя напряжение сравнивается с заданным значением. Выходное напряжение этого регулирующего усилителя на широтно-импульсном модуляторе сравнивается с пилообразным напряжением и после этого преобразовывается в прямоугольный сигнал постоянной частоты около 1 Гц с коэффициентом заполнения vT, соответствующим требованиям контура регулирования.

Этот прямоугольный сигнал с широтной модуляцией через *СИД В3* подается на фазоинверторный усилительный каскад (*VT4*), выход (*ac6*) которого соединен с управляющим входом блока мощности *NGL*. Таким образом, ток возбуждения генератора с частотой 1 кГц и в соответствии с коэффициентом заполнения vT подключается к обмотке возбуждения генератора. Получается средний ток возбуждения, обеспечивающий поддержание значений регулируемого напряжения.

Путем подачи или отбора тока на входе *ac22* можно снизить или повысить заданное значение отрегулированного напряжения для входа *ac2* или *ac8*. В связи с этим, этот вход используется для подключения устройства управления зарядным напряжением в зависимости от температуры.

Внутренняя защита от пониженного напряжения регулировочного контура при обрыве датчика действительного значения напряжения, имеющаяся в интегральной схеме №2, приводит к тому, что при недопустимом снижении напряжения на входе *ac22*, например, вследствие исчезнувшего напряжения на *ac2* или *ac8*, немедленно включается выходной транзистор *VT4*, и блок мощности запирается. Для обеспечения постоянного контроля за нормальной работой блока управления и блока мощности с помощью устройства аварийной защиты входного блока *FGE* генератор пилообразных сигналов управляется таким образом (*R39*, *C17*), чтобы обеспечивался максимальный коэффициент заполнения от 0,90 до 0,95. Это значит, что блок мощ-

ности включается с минимальным временем отключения около 0,6 мкс.

Управление широтно-импульсным модулятором возможно также с помощью других напряжений. Вход *ас30*, служащий для подключения защиты генератора *EGS*, связан непосредственно с широтно-импульсным модулятором. На это оказывает воздействие и регулирующий усилитель тока (№ 1).

Для обеспечения регулирования тока напряжение с внешнего шунта 150 мВ подается на входы *ас12* и *ас14*. Подключенный в этом месте регулирующий усилитель тока (микросхема № 1) работает в качестве дифференциального усилителя с пропорционально-интегральной характеристикой и установленным заданным значением регулирования (*Р4*). Его выходное напряжение через транзистор *VT2* подается на широтно-импульсный модулятор и здесь определяет коэффициент заполнения, если оно ниже всех остальных напряжений, поступающих на модулятор. В этом случае включается транзистор *VT1*, а *СИД* «I» (*В2*) сигнализирует ограничение тока, например, ограничение батарейного тока, если через входы *ас12* и *ас14* замеряется батарейный ток. Заданное значение отрегулированного тока можно снизить или повысить путем подачи или отбора тока на выходе *ас10*. В интегральной схеме № 2 содержится еще несколько пороговых выключателей, отключающих в случае срабатывания модулированный прямоугольный сигнал и приводящих этим к развозбуждению генератора через блок мощности. Внутренняя защита от пониженного напряжения регулировочного контура при обрыве датчика действительного значения напряжения уже была упомянута. Таким же образом контролируется положительное рабочее напряжение. Отключение производится если оно становится ниже около 12 В. Три остальных пороговых выключателя используются для функционального контроля системы регулирования. Устройство защиты от пониженного напряжения используется для контроля регулятора тока генератора в блоке защиты генератора *EGS*. Оно срабатывает, если напряжение на его выходе *ас24* становится ниже около 1,6 В.

Значение срабатывания защиты от перенапряжений *II* (вход *ас26*) устанавливается на 3,8 В (*Р2*). Эта защита используется для контроля выходного усилителя узла защиты генератора *EGS*.

Значение срабатывания защиты от перенапряжений *I* (вход *ас4*) можно установить на напряжение $U > 140$ В (*P3*). Это значение служит для контроля входного напряжения системы регулирования.

Так как входным напряжением, как правило, является генераторное напряжение, развязанное диодами от остальных частей установки, с помощью этого напряжения возможно аварийное регулирование, например, если звено измерения напряжения (*ас2* или *ас8*) подключено к батарее, а питание батареи от генератора невозможно из-за дефекта (например, дефект главного предохранителя). Эта защита также срабатывает при возникновении перенапряжений вследствие внезапной разгрузки генератора и обеспечивает быстрое снятие перенапряжения путем немедленного развозбуждения генератора.

5.6.5. Блок защиты генератора EGS 61

Назначение. Блок *EGS 61* (рис. 5.19) является составной частью системы регулирования поля возбуждения генератора. Задачей блока является защита генератора от электрической и термической перегрузки, а его привода — от механической перегрузки. Этот блок позволяет регулировать мощность в зависимости от температуры генератора и скорости вращения привода в данный момент. В определенных условиях эта мощность может значительно превышать номинальную.

При взаимодействии с блоком регулирования и управления *EGR*, этот блок обеспечивает ограничение генераторного тока, ограничение температуры генератора и ограничение момента вращения с возможностью выбора одной из четырех ступеней.

Принцип действия. Для измерения и, если необходимо, ограничения температуры генератора используется обмотка возбуждения генератора в качестве датчика сопротивления в зависимости от температуры. Если сопротивление обмотки возбуждения, определяемое током и напряжением возбуждения, достигло заданного значения, то блок защиты *EGS 61* снижает ток генератора настолько, чтобы температура генератора далее не повышалась.

Ограничение вращающего момента на валу генератора осуществляется путем ограничения генераторного тока в зависимости от тока возбуждения. Это, как известно, возможно благода-

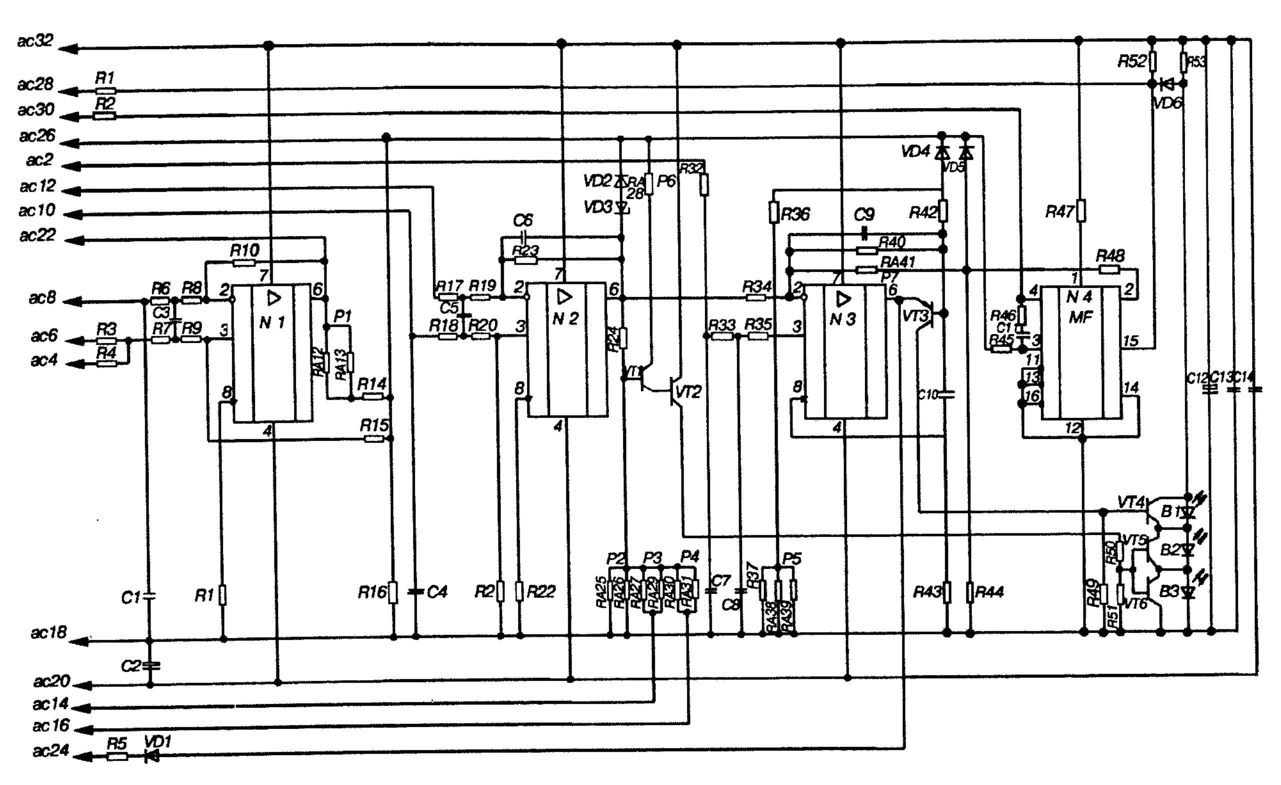


Рис. 5.19. Электрическая схема блока защиты генератора *EGS 61*

ря зависимости потребления тока возбуждения генератора от скорости вращения. Таким образом, после превышения определенного значения тока возбуждения этот «сверхток возбуждения» определяет максимальный ток генератора. Для этого на регулятор тока генератора подается сумма из замеренного тока генератора и «сверхтока возбуждения».

Из генераторного тока, тока возбуждения и напряжения возбуждения указанным образом в зависимости от состояния установки формируется суммарное напряжение (вход *ас26*). Это напряжение подается пропорционально-интегральному регулятору (*r45, r46, С11* и *N4*) и там сравнивается с внутренним заданным значением. Если выходное напряжение регулятора начинает снижаться, т.е., если суммарное напряжение достигло заданного значения, то проводящее до сих пор соединение между контактами *14* и *15* в интегральной схеме № 4 прерывается. Включаются индикаторные светодиоды *В1* до *В3* и сигнализируется соответствующее эксплуатационное состояние системы регулирования. Одновременно уровень выхода на *ас28* переходит от низкого на высокий, и этим сигнализируется ограничение генераторного тока.

Шунтовое напряжение генераторного тока подается на выходы *ас06* и *ас08*, усиливается дифференциальным усилителем (№ 1 со схемой) и с помощью регулируемой комбинации сопротивлений *Р1* и *r14* преобразуется в ток, пропорциональный генераторному току. Он вместе с токами, проходящими через *Р6* или *VD3* на *R16* представляет собой суммарное напряжение. Если последние токи равняются нулю, а суммарное напряжение достигает указанного заданного значения, то производится абсолютное ограничение генераторного тока. Это сигнализируется светодиодом «I» (*В2*).

Путем подачи или отбора тока на входе *ас04* можно снаружи снизить или повысить это максимальное ограничивающее значение. Вход усилителя (*ас 22*) контролируется защитой от пониженного напряжения блоком *EGR*. Таким образом, все помехи, вследствие которых снижается напряжение на контакте *6* усилителя № 1, через эту защитную ступень приводят к развозбуждению генератора, а все остальные помехи, вследствие которых напряжение недопустимо повышается, через регулирующий выпрямитель № 4 или через защиту от перенапряжений, подключенную к *ас26*, также приводят к развозбуждению генератора.

Такими помехами являются неисправности самого усилителя, а также смещение входов *ас06* и *ас08* или обрыв провода на одном из этих входов. Во избежание несвоевременного срабатывания защиты от пониженного напряжения, на выходах *ас22* и *ас26* с помощью стабилизированного напряжения схемы № 4 и делителей *R44*, *R48* устанавливается самое низкое нормальное значение напряжения 2,2 В. Шунтовое напряжение тока возбуждения подается на входы *ас10* и *ас12*, значительно усиливается дифференциальным усилителем № 2 и подается на инвертирующий вход (контакт *2*) дифференциального усилителя № 3. Тактированное напряжение возбуждения имеет на входе *ас2*. Оно с помощью резистивно-емкостного звена *R32* до *Р5*, *С7* и *С8* сглаживается и делится. Подаваемое дифференциальному усилителю № 3 частичное напряжение возбуждения с помощью *Р5* устанавливается таким образом, чтобы оно равнялось усиленному шунтовому напряжению тока возбуждения, если сопротивление возбуждения достигло значения, соответствующего ограничиваемой температуре генератора. Значение этого сопротивления поля возбуждения получается из установленного соотношения вмешательства $U_{ас\ 02\text{-}18}/U_{ас10\text{-}12}$, умноженного на шунтовое сопротивление тока возбуждения. Сразу же после достижения или некоторого превышения этого соотношения вмешательства, вследствие чего генератор достиг предельной температуры, выходное напряжение усилителя № 3 (контакт *6*) переходит с отрицательных на положительные значения. Теперь через транзистор *VT3* и сопротивление *R42* сравнительно большой ток поступает дополнительно к сопротивлению *R16*. Вследствие значительного повышения суммарного напряжения производятся ограничения генераторного тока, что приводит к ограничению его температуры. Одновременно через транзистор *VT3* запирается транзистор *VT4*, а вследствие этого ток подается светодиоду *B1*. Таким образом, СИД «Т» (*B1*) дополнительно к светодиоду «I» (*B2*) или «М» (*B3*) сигнализируется о том, что достигнута предельная температура генератора. В целях сокращения влияния индуктивного сопротивления поля возбуждения на регулятор тока генератора до минимума, усилитель № 3 в случае видимо быстрого повышения температуры отключается с помощью конденсатора *С10* и входа управляющего тока (контакт *8*). Такой процесс происходит каждый раз при быстром повышении напряжения возбуждения. Значительно усиленное шунтовое напряжение тока

возбуждения на выходе дифференциального усилителя № 2 (контакт *б*) используется также для регулирования генераторного тока в зависимости от тока возбуждения. Для этого указанное напряжение делится (*24, P2*) и через транзистор *VT1* подается на сопротивление *P6*, если это напряжение превышает напряжение на сопротивлении *R16* или на выходе *ac26*. Таким образом, в случае достаточно большого тока возбуждения, т.е., при малой скорости вращения генератора и большой нагрузке, на сопротивление *R16* дополнительно к отведенному току генератора через *P1* и *R14* подается ток через *P6*. Так как суммарное напряжение на *R16*, ограничивается на заданную величину, ток генератора регулируется на более низкое значение, а вместе с тем вращающий момент привода ограничивается до допустимой величины. В этом случае транзистор *VT2* запирает транзистор *VT6*, а вместо него *VT5* открывается. Вследствие этого диодный ток проходит не через *B2*, а через *B3*, т.е., светодиод «*M*» сигнализирует ограничение вращающего момента на приводном валу генератора. С помощью двух дальнейших мест согласования *P3* и *P4* можно через соответствующую внешнюю схему (*ac14–ac18* или *ac16–ac18*) повысить максимальный момент вращения на 2 или 3 постоянно установленные ступени. Если ток возбуждения становится очень высоким, то суммарное напряжение питается не только через *P6*, но и непосредственно через стабилитрон *VD3*. Этим осуществляется ограничение тока возбуждения.

5.6.6. Устройство управления зарядным напряжением в зависимости от температуры EBT 71

Управлять зарядным напряжением аккумуляторной батареи вагона в зависимости от ее температуры наиболее целесообразно. Эту задачу берет на себя блок *EBT 71* (рис. 5.20), являющийся составной частью системы регулирования генератора. Зарядка батареи осуществляется непосредственно от генератора, если подключен температурный щуп (*pt 100*). Этот блок может работать в двух режимах. Во первых, осуществляется ограниченное повышение или снижение зарядного напряжения в зависимости от температуры, а во-вторых — только снижение зарядного напряжение в зависимости от температуры. Работоспособность температурного щупа постоянно контролируется. В случае дефекта щупа

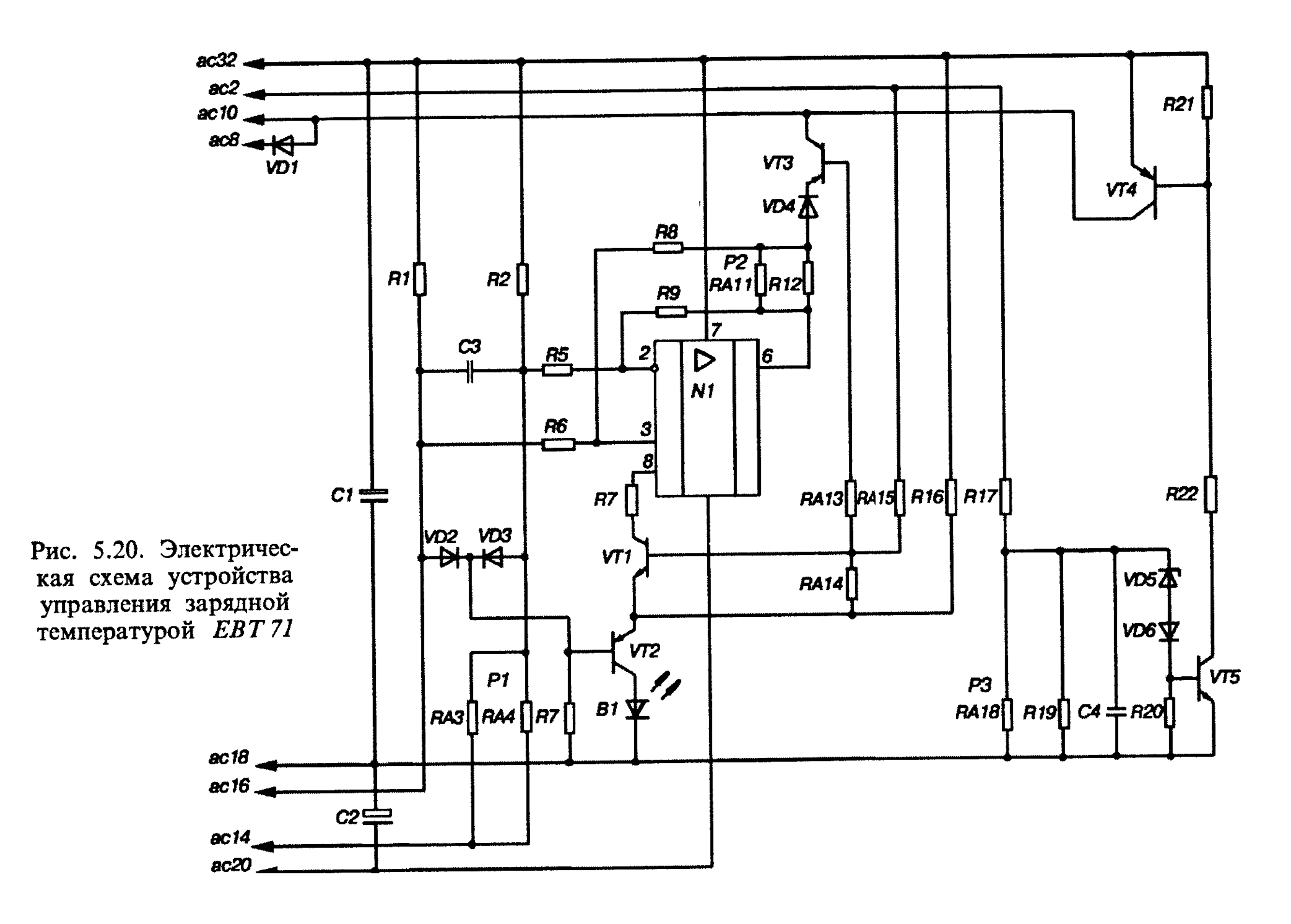


Рис. 5.20. Электрическая схема устройства управления зарядной температурой *EBT 71*

блок не работает. В этом случае он имеет выход номинального напряжения, так называемый выход «трех состояний».

Принцип действия. Устройство регулирования зарядного напряжения в зависимости от температуры состоит из моста для измерения сопротивлений, в который входят:

1) температурный щуп *pt 100* (Racie-is), подключенный к блоку *EBT 71* снаружи по трехпроводной системе (*ac16, ac14, ac18*);

2) три внутренних сопротивления из схемы операционного усилителя. Измерительный мост преобразовывает положительную разность напряжений диагонали в пропорциональный ток. Этот ток через сопротивление (*RA13*) и выход *1* (*ac10*) или выход *2* (*ac8*) подается на вход регулирования заданного значения напряжения блока регулирования и управления *EGR*. Оба тока взаимно компенсируются, если температурный щуп имеет основное сопротивление. В этом случае выходной ток блока равняется нулю. Выход *2* (*ac8*) допускает только отбор тока от блока *EBT 71*. Этот блок с помощью блока *EGR* приводит к снижению отрегулированного напряжения в соответствии с температурой щупа. Через выход *1* возможны как отбор, так и подача тока, а в связи с этим, смотря по температуре щупа, возможно повышение или снижение отрегулированного напряжения. Это значит, что при повышении температуры щупа ток на выходе *1* (*ac10*) с отрицательных переходит к положительным значениям, а напряжение генератора приближается к основному отрегулированному значению напряжения, установленному блоком регулирования и управления *EGR*. Максимальное отрегулированное напряжение, с одной стороны, получается из наибольшего отрицательного выходного тока, определяемого при достаточно низком температурном сопротивлении отрегулированным потребителем (*RA13*). А с другой стороны максимальное отрегулированное напряжение можно установить с помощью схемы ограничения напряжения. Для этой цели отсчитывается отрегулированное напряжение на выходе *ac02*. В случае срабатывания этой ограничительной схемы дополнительно для выхода *1* или *2* предоставляется соответствующий ток, предотвращающий повышение заданного максимального напряжения установки.

Готовность к эксплуатации устройства регулирования зарядного напряжения, т.е., подключение работоспособного температурного щупа, сигнализируется светодиодом «Т-щуп» в момент подачи рабочего напряжения блоку *EBT 71*. Если не под-

ключен температурный щуп, или если в самом щупе, или одном из трех его соединительных проводов имеется обрыв, то выходы блока *EBT* обесточиваются, т.е., они находятся в режиме «трех состояний». В этом случае производится регулирование генератора на основное отрегулированное напряжение, а светодиод «Т-щуп» не горит. Для обеспечения внутренней защиты от пониженного напряжения регулировочного контура, при обрыве датчика действительного значения в блоке *EGR*, которая может отказать вследствие подачи слишком высокого тока от блока *EBT 71*, напряжение на выходе *1* всегда должно быть выше 3,5 В. В противном случае выходы переходят в режим «трех состояний», то есть обесточиваются. Если потребитель становится минимальным, то одновременно контролируется наличие достаточного напряжения (выше 70 В) на выходе *ac02*.

5.6.7. Устройство электроснабжения GSN 51

Назначение. Блок *GSN 51* (рис. 5.21) применяется для снабжения электронных узлов рабочим напряжением от сети постоянного тока 110 В. Он генерирует два стабилизированных и стойких при постоянных токовых перегрузках напряжения, а именно: +15В и –5В, относящихся к отрицательному потенциалу (МБ) входной сети постоянного тока 110 В.

Принцип действия. Устройство электроснабжения *GSN 51* работает по принципу переключающегося дроссельного преобразователя с вольт-амперной характеристикой. Силовой транзистор *VT5* периодически подключает положительный полюс постоянного напряжения 10 В к дросселю *L1*, включенному перед выходом 15 В, через шунтирующее сопротивление *R17*. Вторичная обмотка дросселя управляет мощным транзистором. После отключения транзистора вторичная обмотка дросселя с помощью отрицательного базисного напряжения обеспечивает запертое состояние его до тех пор, пока дроссель не отдал безостаточно накопленную энергию подключенным потребителям через диод холостого хода *VD11*, а после этого она опять отпирает мощный транзистор.

Отключение мощного транзистора VT5 (VT1). Управление последним при полной нагрузке осуществляется через шунтирующее сопротивление или же через триггер (№ 1 и *VT4* со схемой), обеспечивающий стабилизацию напряжения выхода 15 В.

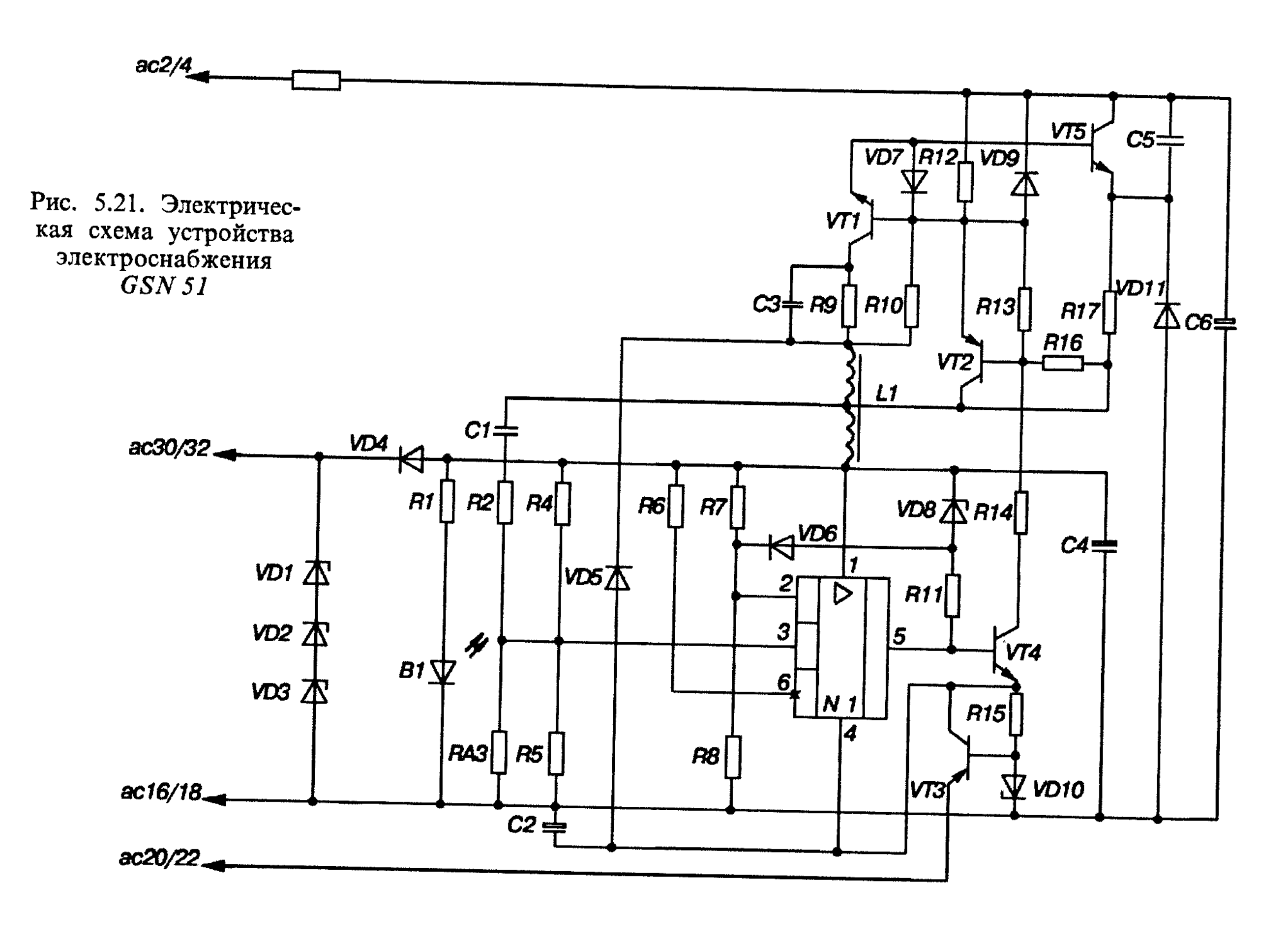


Рис. 5.21. Электрическая схема устройства электроснабжения *GSN 51*

Первичное включение мощного транзистора осуществляется через высокоомное сопротивление коллектор — база (*K12*).

Отрицательное напряжение на выходе *ac20/22* отбирается от цепи холостого хода (*VD5*) вторичной обмотки дросселя и с помощью постоянного серийного регулятора (*VT3* и *VD10*) ограничивается на –5 В. В связи с видом генерирования напряжения ток, отбираемый на выходе –5 В, зависит непосредственно от нагрузочного тока выхода 15 В.

Предохранитель *F1* и стабилитроны *VD1* до *VD3* защищают потребители, подключенные к выходу *ac30/32*, от недопустимых напряжений в том случае, если мощный транзистор *VT1* или управление им отказывает.

Светодиод «вкл.» (*B1*) сигнализирует готовность узла к эксплуатации.

5.6.8. Электронная защита от минимального напряжения FLS 71

Назначение. Электронная защита от минимального напряжения *FLS 71* (рис. 5.22, *а*, см. вкладку) служит для включения и выключения потребителей вагонов в зависимости от напряжения аккумуляторной батареи. В случаях применения нескольких блоков *FLS 71* возможно поочередное включение или выключение потребителей, причем блокировочные входы обеспечивают определенную последовательность включения и выключения. Нейтральное реле со свободными от потенциала контактами, установленное на выходе блока *FLS 71*, обеспечивает связь с элементами управления потребителями. Дополнительные входы допускают аварийное отключение в случае аварии, а также диагностику *FLS 71*.

Программируемые входы для разных напряжений срабатывания и отпадания обеспечивают различные возможности применения.

Принцип действия. Блоки *FLS 71* замеряет только напряжение установки. В случае питания потребителей от генератора при подключении блоком замеряются напряжение установки и коэффициент заполнения напряжения обмотки возбуждения. Если регулятор возбуждения генератора работает в режиме ограничения тока, то он подает соответствующий сигнал состояния входу *ac26* блока *FLS 71*, и вследствие этого подключение потребителей предотвращается до достижения заданного напря-

жения. С помощью логических соединений функций обеспечивается необходимая последовательность ступеней в случае применения нескольких блоков *FLS 71*.

Описание схемы. Блок *FLS 71* обеспечивает подключение нагрузок в зависимости от напряжения генератора и напряжения установки, а также отключение в зависимости от напряжения установки. Входом наивысшего приоритета является вход *c6*, производящий в случае аварии или при испытании немедленное отключение блока *FLS 71*. Этот вход *H* активный, сигнал высокого уровня вырабатывается из напряжения установки. Отключение осуществляется только на время наличия на входе сигнала высокого уровня. Подключение блока *FLS 71* без соблюдения напряжения установки и зависимости от генератора возможно без задержки через *H* активный вход *a6*. В этом случае сигнал высокого уровня также отбирается от напряжения установки. Подключение производится только на время наличия сигнала высокого уровня. Если вход *ac30* соединен с плюсом рабочего напряжения (*ac32*), то в момент подключения рабочего напряжения производится включение независимо от напряжения установки и генератора (первичное включение). Это коммутационное состояние сохраняется, если напряжение на *a8*, *ac10* или *ac12* превышает напряжение отключения, в противном случае с задержкой около 6 сек производится отключение. В случае отключения блока *FLS 71* вторичное подключение возможно только тогда, когда напряжение установки выше напряжения срабатывания (вход *ac14* или *ac16*), коэффициент заполнения транзисторного регулятора напряжения (замеряемый через вход *c8*) находится в допустимых пределах (0,80±10%), и регулятор возбуждения не подает на вход *ac 26* сигнала об ограничении тока генератора. Несколько блоков *FLS 71* с помощью блокировочной схемы связаны друг с другом таким образом, чтобы подключение и отключение осуществлялись в желательном порядке. Для этого каждый блок *FLS 71* оборудован входом прямой блокировки *ac24* и входом обратной блокировки *ac28*.

Принципиальная схема. Ступень *1* (рис. 5.22, *б*) в нормальном режиме работы (рассмотрение функции за исключением первичного включения) при наличии условий подключения подключается без задержки. Вторая ступень при наличии условий включения подключается только по истечении времени задержки после

включения ступени *1*. Та же зависимость существует между ступенями *2* и *3* (последовательность включения.) При наличии условий отключения, например, для ступеней *1* и *2*, сначала по истечении времени задержки отключается ступень *2*, а затем ступень *1*, тоже только по истечении времени задержки. Если в это время уже нет условий отключения, то ступень, которая еще не отключилась, остается включенной (обратная блокировка). Сигналы срабатывания для обработки коэффициента заполнения и напряжения срабатывания и отключения вырабатываются путем сравнивания входного сигнала с внутренним стабилизированным напряжением или же с опорным напряжением. Благодаря возможности выбора входов *ас16* или *ас14* (значение напряжения срабатывания) и *а8*, *ас10*, *ас12* (значение напряжений отключения) можно выбрать всего 6 комбинаций напряжения срабатывания и отключения. Со стороны входа имеется в распоряжении контактная система (замыкатель) нейтрального реле. Свет светодиода *В1* сигнализирует подключенную ступень нагрузки.

5.6.9. Устройство сигнализации перегрева генератора 1К51

Назначение. Сигнальное устройство *1К51* (рис 5.23) при помощи блока *EGS 61* сигнализирует превышение температуры генератора. Дается сигнал о том, что надо или надо снизить заданное значение генераторного тока более чем наполовину вследствие повышенной температуры генератора.

С помощью реле удержания дается сигнал, который сохраняется до возврата реле.

Принцип действия. Напряжение, имеющееся на сигнальном входе (*ас30*), подается триггеру. Если это напряжение в течение около 20 с превышает 6 В, то триггер срабатывает и кратковременно подает рабочее напряжение на поляризованное реле, так что реле включается. Вследствие этого контактный вход *ас2* переходит от *ас12* (размыкатель) на выход *ас14* (замыкатель). Это состояние сигнализируется светоизлучающим диодом СИД и сохраняется до возврата реле, независимо от значения на сигнальном входе. Если на вход возврата *ас24* подается напряжение более 70 В, то поляризованное реле переключается обратно, если напряжение на сигнальном входе ниже 5 В.

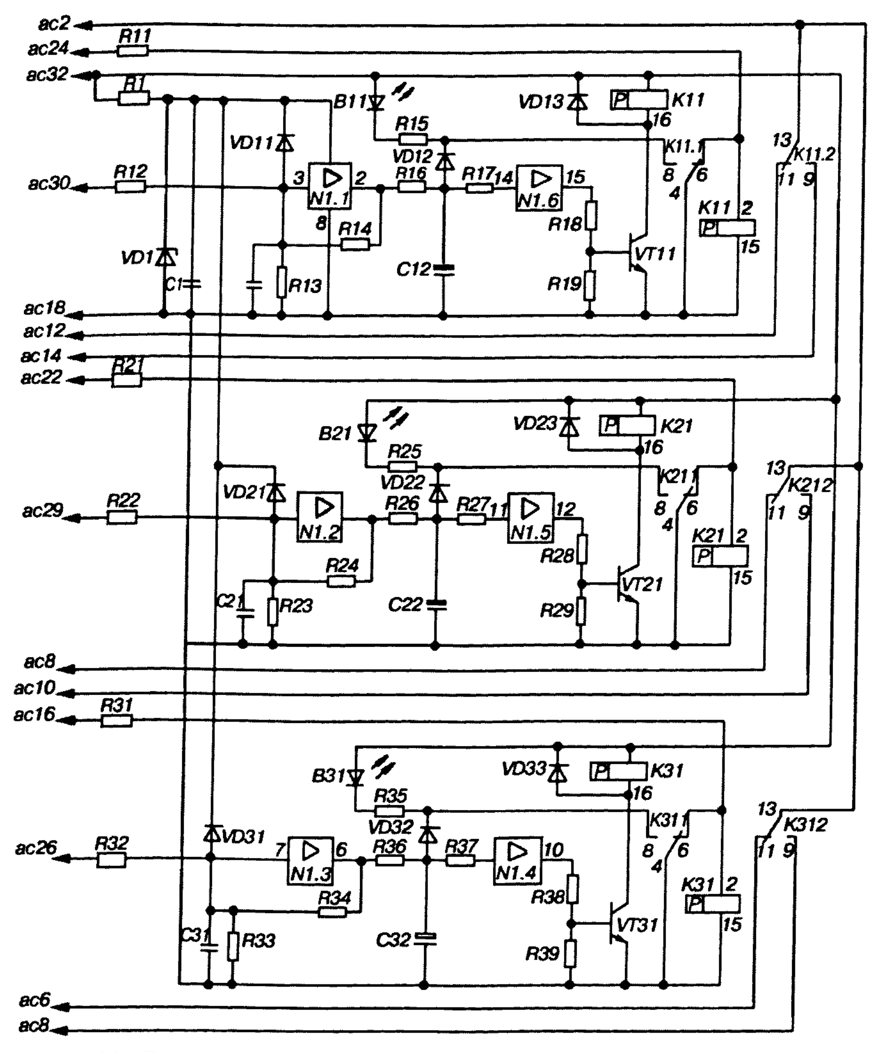


Рис. 5.23. Электрическая схема устройства сигнализации перегрева генератора *1К51*

5.7. Диодный ограничитель

Это устройство представляет собой нелинейный резистор, включенный между источниками питания и сетью освещения.

В диодном ограничителе гасится разность между напряжением $U_{аб}$ аккумуляторной батареи *АБ* (рис. 5.24), которое изменяется в зависимости от режима ее работы, и стабилизированными напряжениями U_{c1} и U_{c2} сети освещения. Он обеспечивает стабилизацию напряжения в сети освещения на уровне 110 В±5% (или соответственно 54 В±5%) при изменении напряжения в системе генератор-батарея в пределах от 110 до 162 В и токе нагрузки до 16 А.

Диодный ограничитель выполнен в виде трех последовательно включенных диодных блоков *VD1-VD18, VD19-VD36,VD37-Vd54,* каждый из которых состоит из 18-ти последовательно включенных диодов. В диодных ограничителях применены диоды двух типов — с электронной и дырочной проводимостями, что дает возможность использовать их радиаторы в качестве проводника, соединяющего цепи двух диодов. Каждый блок может быть замкнут накоротко контактами электромагнитного реле *К1, К2* и *К3,* которые управляются электронными реле *А1, А2* и А*3* в зависимости от напряжения U_{c} в сети освещения и напряжения U_{AB} на аккумуляторной батарее.

Падение напряжения, создаваемое каждым диодным блоком, составляет 13,5 В при токе 1 А и 15,5 В при токе 16 А. Если напряжение в сети освещения возрастает свыше 115 В, то контакты реле *К1* размыкаются и включается первый диодный блок; при этом напряжение в сети освещения снижается. При дальнейшем повышении напряжения в системе генератор-батарея и увеличении напряжения U_{c1} до 11,5 В реле *К2* и *К3* включают второй, а затем третий диодный блок. Когда напряжение в системе генератор-батарея достигает 162 В, срабатывает защита от перенапряжений, генератор отключается от аккумуляторной батареи и ее напряжение уменьшается. При уменьшении напряжения на батарее напряжение в сети освещения снижается. Когда оно достигает 95 В, контакты реле *К1*, *К2* и *К3* замыкаются и из цепи между аккумуляторной батареей и сетью освещения последовательно выводятся блоки *VD1-VD18, VD19-VD36, VD37-VD54* диодного ограничителя. При этом напряжение поддерживается на заданном уровне в пределах от 95 до 110 В. Скачок напряжения с 13,5 до 15,5 В, возникающий при замыкании накоротко блоков диодного ограничителя и при размыкании их, практически не сказывается на световом потоке ламп накаливания.

В случае снижения напряжения на аккумуляторной батарее до значения меньшего 95 В, диодные блоки замыкаются нако-

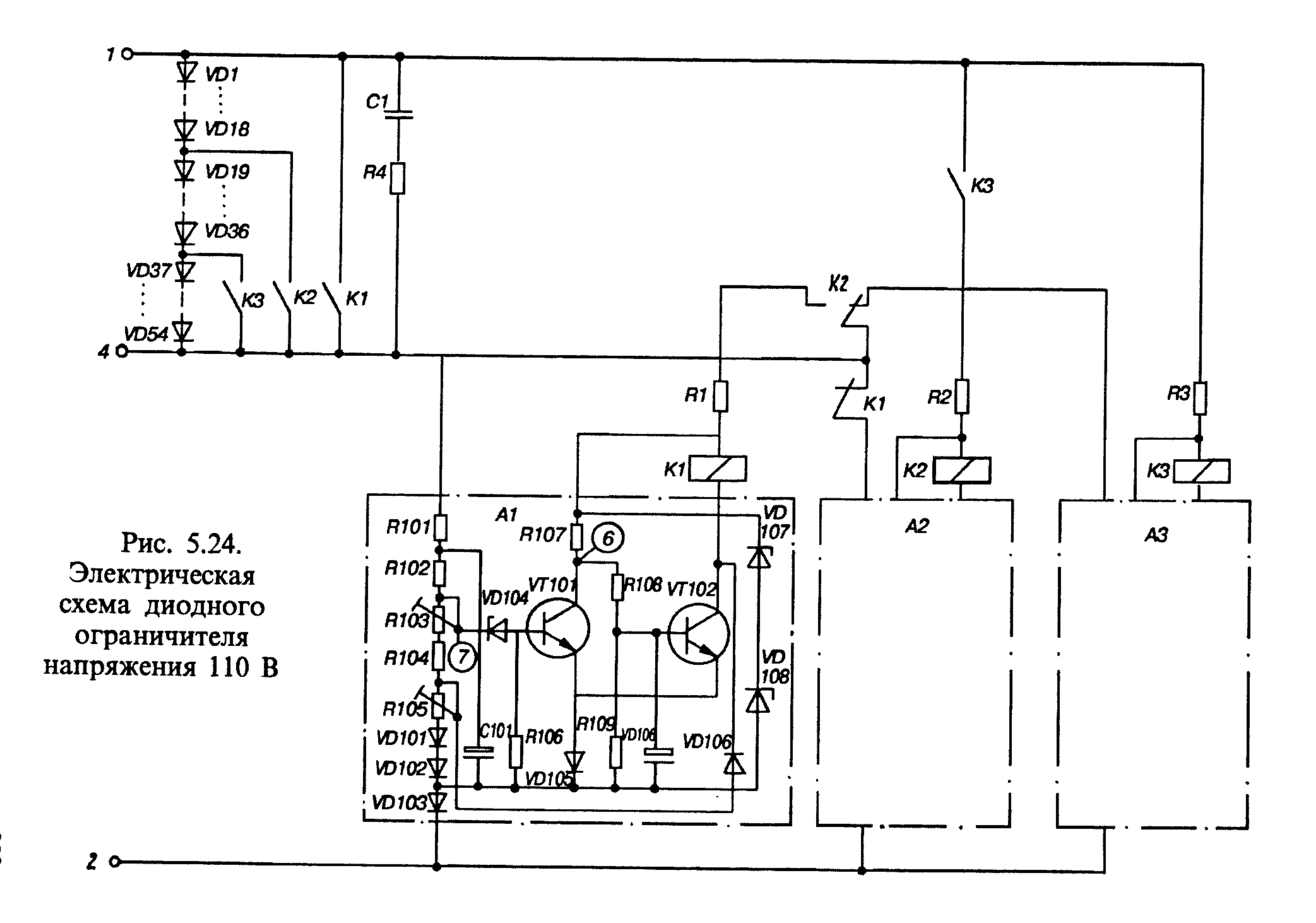


Рис. 5.24.
Электрическая
схема диодного
ограничителя
напряжения 110 В

ротко и напряжение U_{c1} становится равным U_{AB}. Для предотвращения звонковой работы диодного ограничителя разность между верхним 115 В и нижним 95 В пределами регулируемого напряжения принята большей наибольшего падения напряжения на одном из диодных блоков.

Надежность работы электромагнитных и электронных реле повышается релейной логикой на основе замыкающихся и размыкающихся контактов реле *К1—К3*. Она обеспечивает требуемую последовательность включения соответствующих реле. Электронные реле *А1, А2* и *А3* состоят из измерительного органа, исполнительного устройства и системы обратной связи. Измерительный орган содержит делитель напряжения *Rl01—R105* и стабилитрон *VD104*. Исполнительное устройство представляет собой триггер, состоящий из транзисторов *VT101* и *VT102,* работающих в ключевом режиме. При переходе триггера из одного устойчивого состояния в другое он включает или выключает соответствующее электромагнитное реле *К*. Верхний предел напряжения, при котором включаются в цепь диодные блоки, устанавливается потенциометром *R103;* нижний предел, при котором диодные блоки замыкаются контактами электромагнитных реле, регулируется потенциометром *R105*. Разность напряжений срабатывания триггера при переходе его из одного устойчивого состояния в другое достигается путем введения обратной связи с выхода транзистора *VT102* через диод *VD106* на потенциометр *R105* делителя напряжения измерительного органа. В результате этого предотвращается возможность звонковой работы электронных и электромагнитных реле. Стабилитроны *VD107* и *VD108* защищают транзисторы электронных реле от перенапряжений.

Электронное реле работает следующим образом. При повышении напряжения $U_{вх}$ на его входе до 115 В стабилитрон *VD104* переходит в проводящее состояние и на базу транзистора *VD101* подается положительный потенциал. При этом транзистор *VD101* открывается, на базу транзистора *VD102* подается отрицательный потенциал, что приводит к закрытию этого транзистора. При этом прекращается питание обмотки электромагнитного реле *К* и оно включает соответствующий диодный блок ограничителя. При уменьшении входного напряжения $U_{вх}$ до 95 В стабилитрон *VD104* переходит в непроводящее состояние и на базу транзистора *VT101* подается отрицательный потенциал.

В результате транзистор *VT101* закрывается, а *VT102* открывается, через обмотку электромагнитного реле *К* начинает протекать ток, реле включается и замыкает накоротко соответствующий диодный блок ограничителя.

5.8. Регулирование зарядного напряжения

При различных температурах электролита требуются различные зарядные напряжения. С понижением температуры напряжение заряда должно быть выше, и наоборот. Особенно чувствительны к несоответствию зарядного напряжения и температуры никель-железные аккумуляторы, в меньшей мере — кислотные и никель-кадмиевые. Кроме регулирования зарядного напряжения, рассматриваемый прибор меняет уставку срабатывания реле максимального напряжения (*РМН*). С увеличением зарядного напряжения во избежание ложных срабатываний прибор увеличивает уставку *РМН*. При уменьшении зарядного напряжения во избежание появления широкой зоны повышенных напряжений, в которой *РМН* не срабатывает, уставка *РМН* прибором снижается. Как регулятор напряжения генератора (*РНГ*), так и *РМН* имеют измерительную часть схемы.

Принцип действия прибора заключается в воздействии на измерительную часть схем *РНГ* и *РМН* в зависимости от температуры электролита (воздуха внутри аккумуляторного ящика). Регулирование напряжения генератора (зарядного напряжения) осуществляется открытием и закрытием главного тиристора. Если напряжение генератора, подаваемое на зажимы *1* и *6* (рис. 5.25), возрастает свыше установленного значения, тиристор закрывается.

От напряжения, при котором происходит закрытие тиристора, зависит уровень стабилизированного зарядного напряжения. Если параллельно к резистору *r118* (зажимы *1* и *9*) подключить резистор или замкнуть его накоротко, то сигнал на закрытие главного тиристора будет подаваться при меньшем напряжении, и уровень стабилизированного напряжения снизится. Если к зажимам *1* и *9* регулятора напряжения генератора подсоединить резистор с переменным сопротивлением, то, меняя его сопротивление, можно регулировать уровень напряжения. Аналогич-

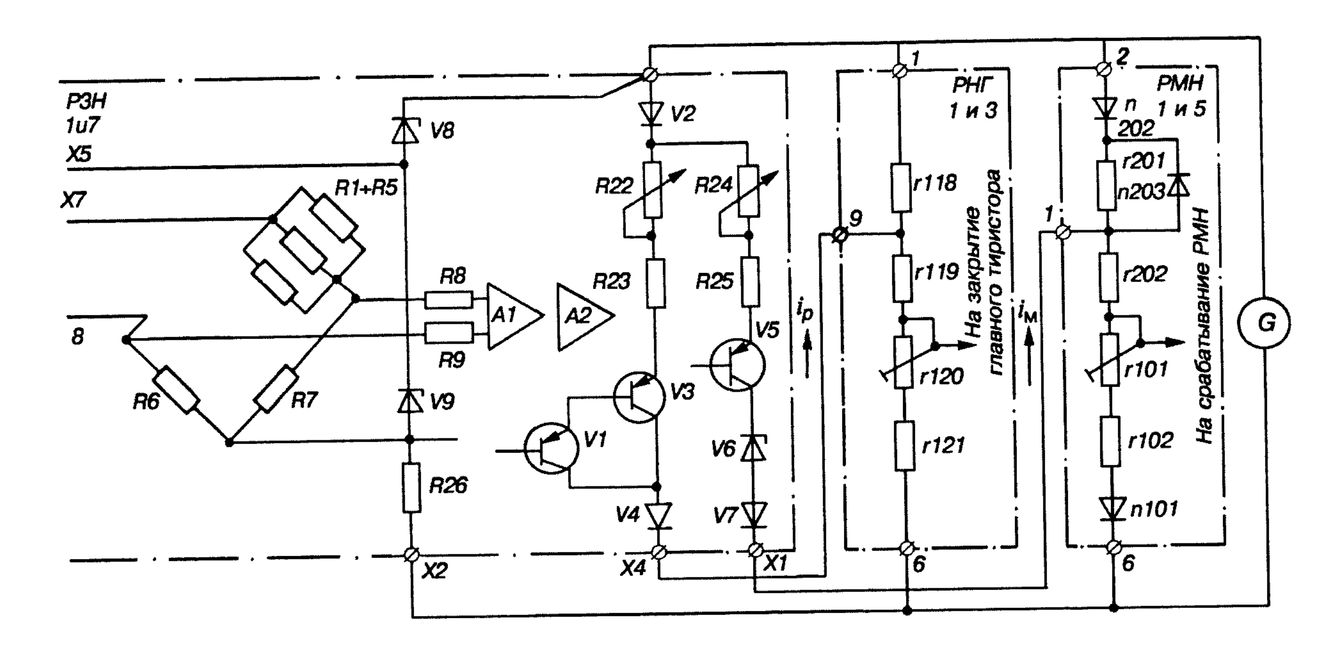


Рис. 5.25. Схема взаимодействия регулятора зарядного напряжения с тиристорным регулятором (РНГ) и блоком РМН

ное действие оказывает подключение резистора к зажимам *1* и *2* блока реле максимального напряжения. Подключение резистора параллельно резистору *r201 РМН* снижает уставку последнего. Чем меньше сопротивление, тем больше снижается уставка. Прибор регулирования зарядного напряжения в своей выходной исполнительной части имеет две цепи: резисторы *r22*, транзисторы *u3*, *u1*, диод *u4* и резисторы *R24*, *R25*, транзистор *5*, стабилитрон *u6* и *u7*. Изменение открытия транзисторов меняет проводимость (сопротивление) соответствующей цепи. В свою очередь изменения открытия транзисторов происходят в зависимости от температурных датчиков *t*°, установленных в аккумуляторных ящиках. С повышением температуры проводимость транзисторных выходных цепей увеличивается (сопротивление уменьшается), и увеличиваются протекающие по ним токи. Так как эти цепи подключены параллельно резистору *r118* в *РНГ* и резистору *r201* в *РМН*, то уровень зарядного напряжения и установки *РМН* снижаются. Рассмотрим устройство прибора автоматического регулирования зарядного напряжения типа 2450.056. Прибор работает вместе с терморезистором РТ-100, имеющем при температуре 0°С сопротивление 100 Ом. Терморезистор помещается в аккумуляторный ящик и подключается к зажимам *X7* и *X8* прибора (рис. 5.26). Он образует одно из четырех плеч схемы моста. Другие плечи: комплект резисторов *R1-R5*, резистор *R6* и резистор *R7*. Входной измерительный мост уравновешивается подбором резисторов *R1*, *R2*, *R3* так, чтобы при температуре 0°С напряжение между точками *M1* и *M2* было равно нулю. При этом условии при температуре 0°С и ниже все транзисторы закрыты. Сопротивление щупа линейно зависит от температуры. Мост обеспечивает линейную зависимость напряжения в диагонали от сопротивления щупа. Это напряжение через резисторы *R8*, *R9* подается на операционный усилитель *A1*. Напряжение на выходе *A1* линейно увеличивается с увеличением температуры щупа. Оно является отрицательным по отношению к точке *M3*. Скорость увеличения напряжения определяется сопротивлением резистора *R10*. Это напряжение подается на вход операционного усилителя *A2*, который вместе с транзисторами *U1* и *U3* образует источник тока выходного сигнала. Последний находится в линейной зависимости от выходного напряжения операционного усилителя *A1* и, значит, от температуры щупа. Операционный усилитель вместе с транзистором *U5*

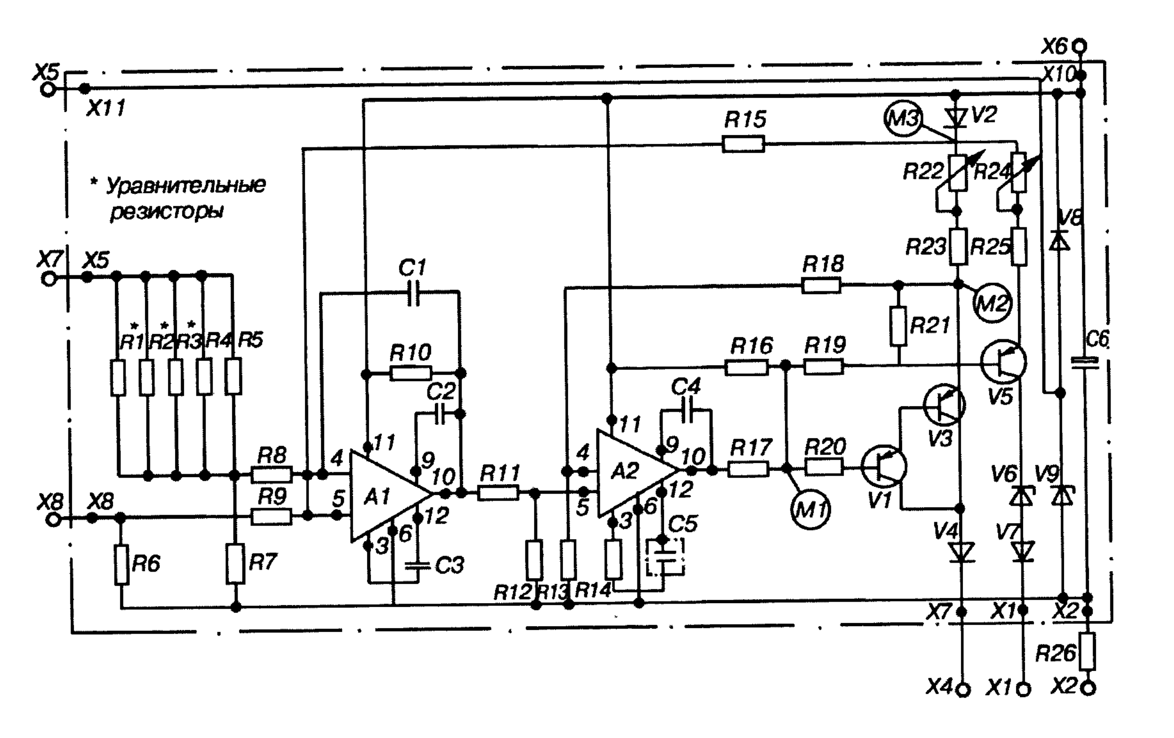
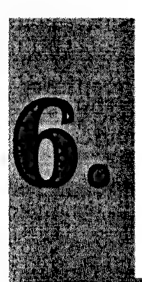


Рис. 5.26. Схема прибора автоматического регулирования зарядного напряжения

образует второй, подобный источник тока. Резистор *R21* служит для симметричного регулирования обоих сигналов. При уменьшении температуры щупа ниже 0°С на выходном операционном усилителе создается положительное по отношению к точке *M3* напряжение. Операционный усилитель *A2* не открывается и токи в выходных цепях равны нулю, т.е. при отрицательных температурах регулирования не происходит. При повышении температуры щупа от 0 до 80°С происходит линейное увеличение тока в транзисторах. При увеличении температуры свыше 80°С токи в выходных цепях практически не увеличиваются. Напряжение регулирования РНГ и установка РМН остаются неизменными. Это предусмотрено на случай обрыва цепи щупа, так как такой обрыв цепи воспринимался бы как бесконечно большое увеличение температуры.



6. СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ РАБОТЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

6.1. Сигнализация о нагреве роликовых букс

Буксы (рис. 6.1, *б*) тележек пассажирских вагонов оборудованы роликовыми подшипниками, от исправной работы которых в значительной мере зависит безопасность движения поезда. Большинство неисправностей подшипников (перекосы, трещины и т.д.) приводит к быстрому нагреванию буксы, поэтому по ее температуре можно судить о техническом состоянии подшипни-

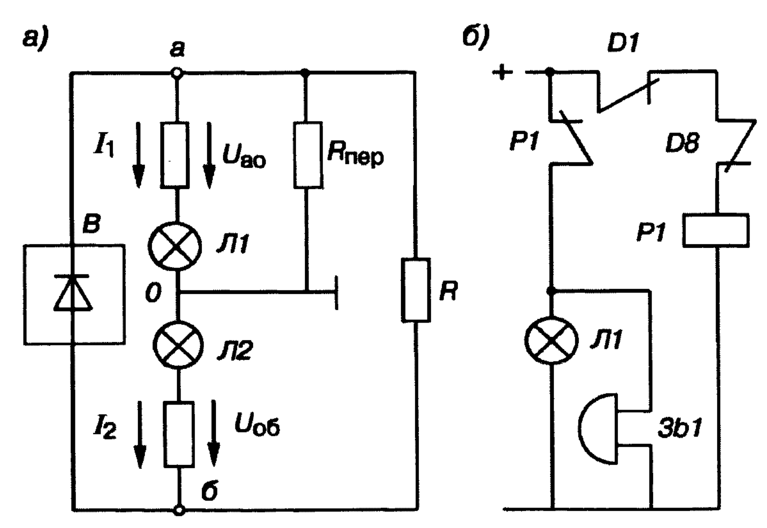


Рис. 6.1. Упрощенные схемы сигнализации замыкания электрической сети на корпус вагона (*а*) и нагрева роликовых букс (*б*)

ков. Для контроля температуры буксы в верхнюю часть ее корпуса монтируют специальный контактный термодатчик. Внутри корпуса датчика в эбонитовой втулке находится легкоплавкий сплав, соединяющий между собой концы двух проводов. Сплав вместе с проводами образует размыкающий контакт. Термодатчик ввертывается вместе с уплотнительным кольцом в корпус буксы. При определенной температуре буксы (выше 105°С) сплав расплавляется и выливается в полость, разрывая контакт между концами проводов. Контакты термодатчиков *D1–D8* включены в цепь питания промежуточного реле *P1* (см. рис. 6.1, *б*), размыкающие контакты которого включены в цепь питания сигнальной лампы *Л1* и звукового сигнала *Зb1*. При расплавлении одного из контактов в результате неисправности соответствующего подшипника прекращается питание катушки реле *P1*, которое включает сигнальную лампу и звуковой сигнал.

Система контроля нагрева буксовых узлов пассажирских вагонов с позисторными датчиками

Система контроля нагрева буксовых узлов пассажирских вагонов с позисторными датчиками (СКНБП) (рис. 6.2) состоит из последовательно соединенных позисторных датчиков типа 005.000, размещенных по одному на каждой буксе, блока контроля нагрева букс (*БКНБ*), размещенного в пульте управления и подключенного к системе электроснабжения вагона, и элементов контроля и управления вынесенных на лицевую панель электрошкафа (сигнальная лампа, выключатель звонка, кнопка контроля исправности цепей), расположение которых остается таким же как и в системе *СКНБП*. В системе контроля нагрева буксовых узлов пассажирских вагонов с позисторными датчиками (*СКНБП*) использованы датчики прижимной конструкции, что дает возможность при замене тележек не отсоединять провода датчиков и не вскрывать клеммные коробки. СКНБП основана на принципе контроля величины суммарного сопротивления позисторных датчиков. При нагреве буксы свыше 110°С сопротивление ее термодатчика увеличивается в 30 и более раз (до 4-х и более кОм). При увеличении сопротивления БКНБ выдает непрерывный звуковой и световой сигналы «перегрев», а при повреждении электрической цепи датчиков (обрыве цепи, корот-

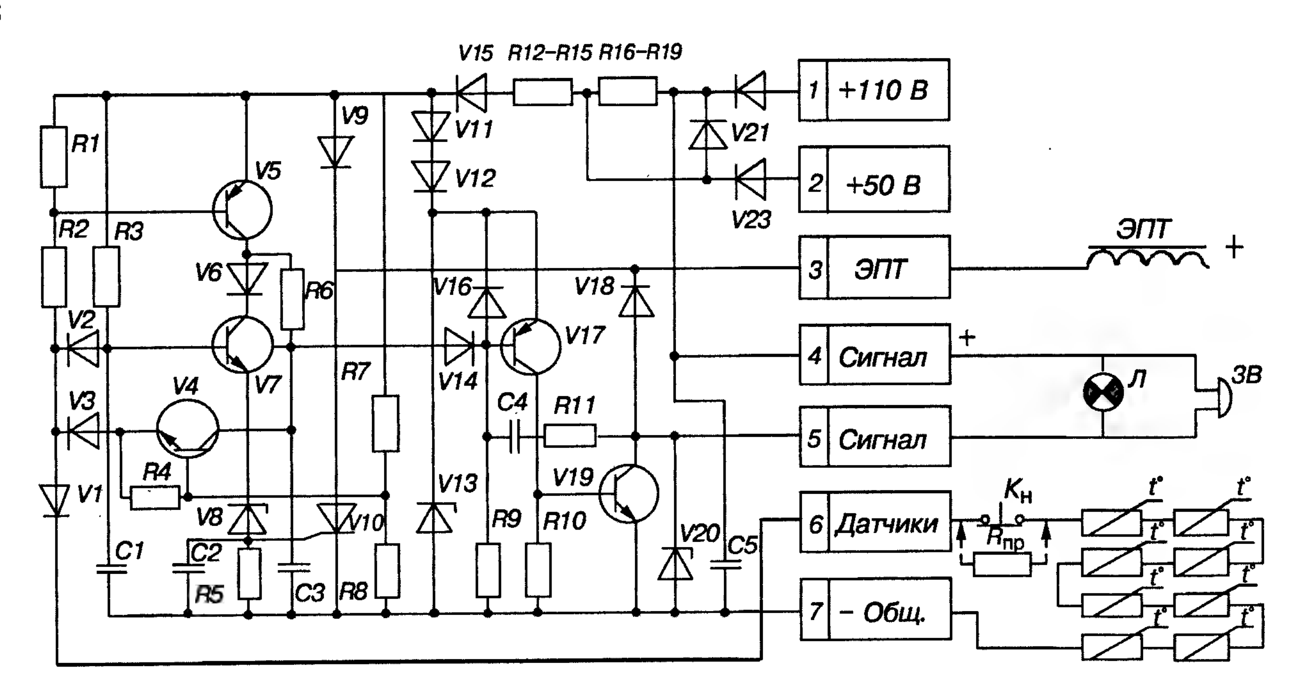


Рис. 6.2. Схема электрических цепей системы контроля нагрева букс с позисторными датчиками (СКНБП)

ком замыкании цепи, замыкании на корпус, попадании постороннего напряжения) — прерывистый звуковой и световой сигналы «неисправность». Сигнал «неисправность» прекращается сразу после устранение повреждения, а сигнал «перегрев» — после устранения причины, вызвавшей сигнал, и кратковременного отключения питания *БКНБ* (изъятие предохранителя или отключением автомата). Блок контроля нагрева букс включает в себя: узел выявления и фиксации перегрева букс, узел выявления обрыва цепи термодатчиков, узел выявления короткого замыкания цепи термодатчиков, генератор прямоугольных импульсов и узел стабилизации питания. Соединение блока с внешними цепями производится с помощью контактных клемм. Напряжение питания подается на клеммы *2* (+50 В) и *7* (–минус) или на клеммы *1* (+110 В) и *7* (рис. 6.2). К клеммам *4* и *5* подключают цепь звонка и сигнальной лампы, а к клеммам *6* и *7* — цепь с последовательно соединенными позисторными термодатчиками. В нормальном режиме работы транзистор *V5* открыт, а *V7* и *V4* — закрыты. Транзисторы *V17* и *V19* (генератор прямоугольных импульсов) тоже находятся в закрытом состоянии. При разогреве одной (или нескольких) буксы выше 110°С сопротивление соответствующего термодатчика увеличивается. В этом случае транзистор *V5* остается открытым, кроме того, открывается транзистор *V7* и он отпирает тиристор *V10*. Через тиристор *V10* к минусу подключается цепь сигнальной лампы и звонка, а в дальнейшем будет подключаться цепь электропневматического тормоза (*ЭПТ*), к плюсу эти цепи подключены постоянно. При этом непрерывно звонит звонок, горит сигнальная лампа (подается напряжение на цепь *ЭПТ*). Одновременно открытый тиристор *V10* шунтирует стабилизатор напряжения *V13*, что исключает возможность запуска генератора прямоугольных импульсов. Если термодатчик остынет, то сигнал «перегрев» не прекратится до тех пор пока кратковременно не будет отключено питание блока *БКНБ*. Если по каким-либо причинам произошел обрыв цепи термодатчиков, транзистор *V5* и диод *V14* закрываются, что создает условия для возбуждения генератора прямоугольных импульсов. Работа генератора импульсов основана на периодическом открывании выходного транзистора *V19*. При каждом открывании транзистора *V19* цепь лампы и звонка подключаются к минусу, что создает прерывистый сигнал «неисправность». После восстановления целостности цепи датчиков

сигнал «неисправность» прекращается, так как транзистор *V5* открывается, транзисторы *V17* и *V19* закрываются и генератор прямоугольных импульсов прекращает свою работу. При коротком замыкании цепи термодатчиков, т.е. при замыкании клемм *6* и *7* блока, транзистор *V4* открывается, а диод *V14* закрывается, что создает условия для возбуждения генератора прямоугольных импульсов и подачи прерывистого сигнала «неисправность». После устранения короткого замыкания в цепи термодатчиков сигнал «неисправность» прекращается, так как транзисторы *V4* и *V19* закрываются и генератор прямоугольных импульсов прекращает свою работу.

Технические данные СКНБП

Напряжение питания постоянным током, В	$50+20_{-15}$	110
Номинальная потребляемая мощность, Вт	1,0	3,0
Количество подключенных термодатчиков	8(9)	8
Сопротивление каждого термодатчика при нормальной температуре 20°С, Ом	40–150	40–150
Сопротивление термодатчиков при температуре до 100°С, Ом:		
не более,	550	550
свыше 120°С, не менее	4000	4000

6.2. Сигнализация о замыкании электрической сети на корпус вагона

Нарушение изоляции в одной точке системы электроснабжения (см. рис. 6.1, *а*) само по себе не представляет опасности, но создает предпосылки для возникновения аварийной ситуации при замыкании на корпус другой точки системы. В этом случае может произойти полное или ограниченное короткое замыкание. Длительное протекание токов ограниченного короткого замыкания, которые по своему значению могут не превышать рабочие токи системы и поэтому не разрываются токовой защитой, приводит к перегреву места замыкания на корпус, а также соответствующих проводов и аппаратуры, что создает угрозу повреждения оборудования и возникновения пожара. Сигнализация о замыкании одной точки на корпус позволяет предотвратить возможность аварии.

Устройство для такой сигнализации состоит из датчиков напряжения *Л1* и *Л2* (см. рис. 6.1, *а*), включенных между плюсовым и минусовым проводами, изолированными от корпуса вагона и связывающими источник питания *В* с потребителями *R* электрической энергии. В качестве датчиков используют сигнальные лампы. Среднюю точку *О* между датчиками соединяют с корпусом вагона, что не оказывает никакого влияния на работу системы.

6.3. Схема аварийно-предупредительной защиты дизеля

Схема защиты дизеля 5-вагонной секции ZB-5 (рис. 6.3) обеспечивает контроль за температурой охлаждающей воды и давлением масла и защищает дизель от аварийных режимов. При повышении температуры воды выше 85°С и снижении давления масла до 0,31–0,29 МПа подаются световой и звуковой сигналы предупреждения. Дальнейшее повышение температуры

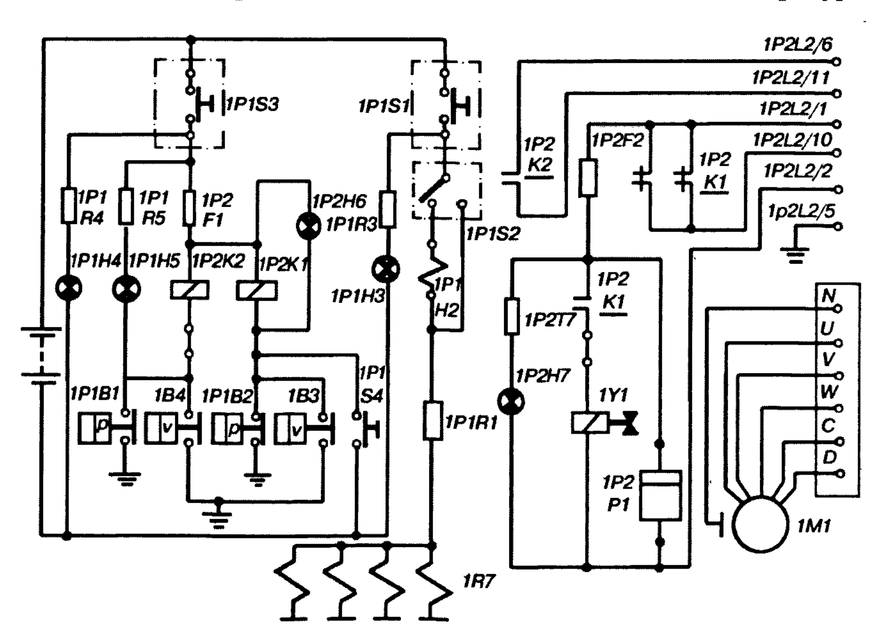


Рис. 6.3. Схема аварийно-предупредительной защиты

выше 90°С и понижение давления масла до 0,22–0,19 МПа вызывает, кроме того, остановку дизеля. Схема защиты объединена со схемой пуска.

Для пуска дизеля включают выключатель *1P1S1* (загорается сигнальная лампа *1P1H3*, включенная через резистор *1P1R3*), затем переключателем *7PJ52* на 45–60 с включают свечи накаливания, разогрев которых проверяют по контрольному устройству *1P1H2*. Непосредственно при пуске переключатель переводят во второе положение, при котором контрольное устройство *1P1H2* гаснет. После пуска дизеля и повышения давления масла выше 0,31 МПа включают выключатель автоматической защиты *1P1S3*, загорается зеленая контрольная лампа *1P1H4*. При подаче напряжения 220 В и подключении генератора *1M1* загорается белая лампа *1P2H7*. В случае понижения давления масла (срабатывает реле давления *1P1B1*) и повышения температуры воды (срабатывает термостат *1P1B4*) включаются красная сигнальная лампа *1P1H5* и реле *1P2K2*, которое своими замыкающими контактами замыкает цепь звукового сигнала (*1P2L2/6, IP2L2/-ID-*). При дальнейшем понижении давления масла (срабатывает реле давления *1P1B2)* и повышении температуры охлаждающей воды (срабатывает термостат *1P1B3*) включаются красная лампа *Стоп 1P2H6* и реле *1P2K1*. Последнее разрывает цепь управления фазы *2TO* и включает соленоидный вентиль *1V1*. Прекращается подача топлива к топливному насосу, и через 35 с дизель останавливается. Предупредительный сигнал работает до тех пор, пока не будет выключен выключатель *1P1S3*. Для остановки дизеля в нормальном режиме сначала выключают *1P1S3*, иначе при падении давления масла в связи с уменьшением частоты вращения дизеля сработают предупредительное и аварийное устройства. В схеме защиты и сигнализации применены резисторы *1P1R1, 1P1R3–1P1R5, 1P1R7*, а также счетчик моточасов дизеля *1P2P1* и кнопка *Стоп 1P1S4*. Схема защиты питается постоянным током от аккумуляторной батареи.

Приведенная схема аварийно-предупредительной защиты дизеля является одной из простейших. Более сложные схемы наряду с защитой обеспечивают управление работой холодильно-нагревательных установок. На 5-вагонных секциях БМЗ схема автоматического управления объединена со схемой автоматического контроля температуры. Совмещение схем позволяет использовать одни и те же первичные датчики для разных цепей.

Стоп-установка главного дизеля

Устройство. Стоп-установка служит для сигнализации и остановки дизеля в случае нарушения параметров его работы (повышения температуры охлаждающей воды или понижения давления масла).

Приборы автоматики размещены в двух распределительных щитках:

арматурном Р1.1 (Р1.2), закрепленном на дизеле (в скобках обозначения для дизеля *2*) (рис. 6.4),

где *S1* — выключатель накаливания;
S2 — 2-ступенчатый переключатель накаливания;
S3 — включение автоматического наблюдения;
S4 — кнопка экстренной остановки;
H2 — контрольная спираль накаливания;
H3 — зеленая сигнальная лампа «накаливание включено»;
H4 — зеленая сигнальная лампа «автоматика включена»;
H5 — красная сигнальная лампа «нарушение параметров» — сигнал,

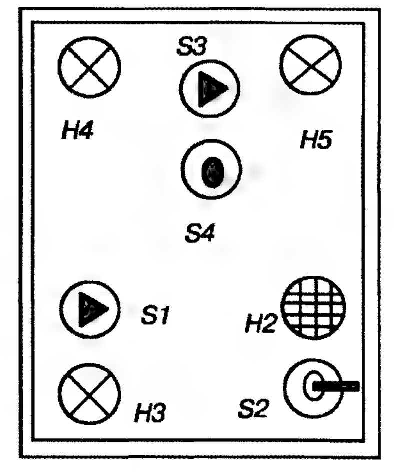


Рис. 6.4. Арматурный щит, закрепленный на дизеле

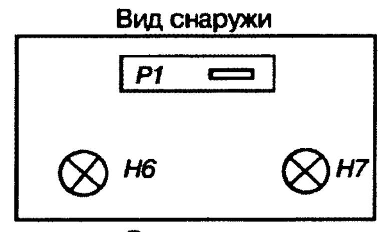
релейном Р2, закрепленном на стене дизельного помещения (рис. 6.5)

В схеме стоп-установки использованы три напряжения:

— 12 В от батареи накаливания I типа 6 СТ 105 А·ч для питания исполнительных реле *K1, K2* и схемы контроля;

— 52 В от подвагонной аккумуляторной батареи для центральной схемы сигнализации помех (через контакты сигнального реле *K2*);

— ~220 В от генератора для питания катушек топливного электромагнитного вентиля *Y1* и главного контактора *Q1* (*Q2*) генератора *1*(*2*) (через контакты реле остановки *K1*).



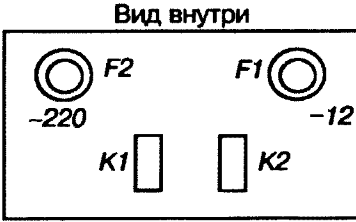


Рис. 6.5. Релейный щит, закрепленный на стене дизельного помещения

где *H7* — белая сигнальная лампа «готовность стоп-установки» (питание ~220В имеется);
H6 — красная сигнальная лампа «остановка»;
P1 — счетчик часов работы;
K1 — реле остановки;
K2 — сигнальное реле;
F1, F2 — предохранители.

Два датчика давления масла встроены в масляном трубопроводе дизеля:

— *B1* — сигнальный, замыкающий контакт при понижении давления масла $P < 2{,}9$ ат;

— *B2* — останавливающий, замыкает свой контакт при $P < 1{,}9$ ат.

Датчики *B1, B2* расположены в арматурном ящике на дизеле и размыкаются давлением масла.

В трубопроводе охлаждающей воды дизеля вмонтированы два температурных датчика:

— *B4* — сигнальный, замыкает контакт при температуре воды 85–90°С;

— *B3* — останавливающий, замыкает контакт при температуре воды 90–95°С.

При нормальных условиях работы дизеля (температура воды 75–80°С, давление масла 4–6 ат) контакты всех датчиков разомкнуты. Датчики регулируются.

Проверку надежности работы стоп-установки следует производить в начале каждого рейса.

Работа стоп-установки. Включение стоп-установки производится следующим образом (рис. 6.6):

— выключатель накаливания *S1* установить в положение «включено». Загорается зеленая сигнальная лампа *H3*, сигнализирующая о наличии питания –12 В в цепи накаливания;

— пускатель накаливания *S2* установить в положение *1* на 40–60 с, подавая питание –12 В на свечи накаливания. Контроль накаливания осуществляется по спирали *H2*;

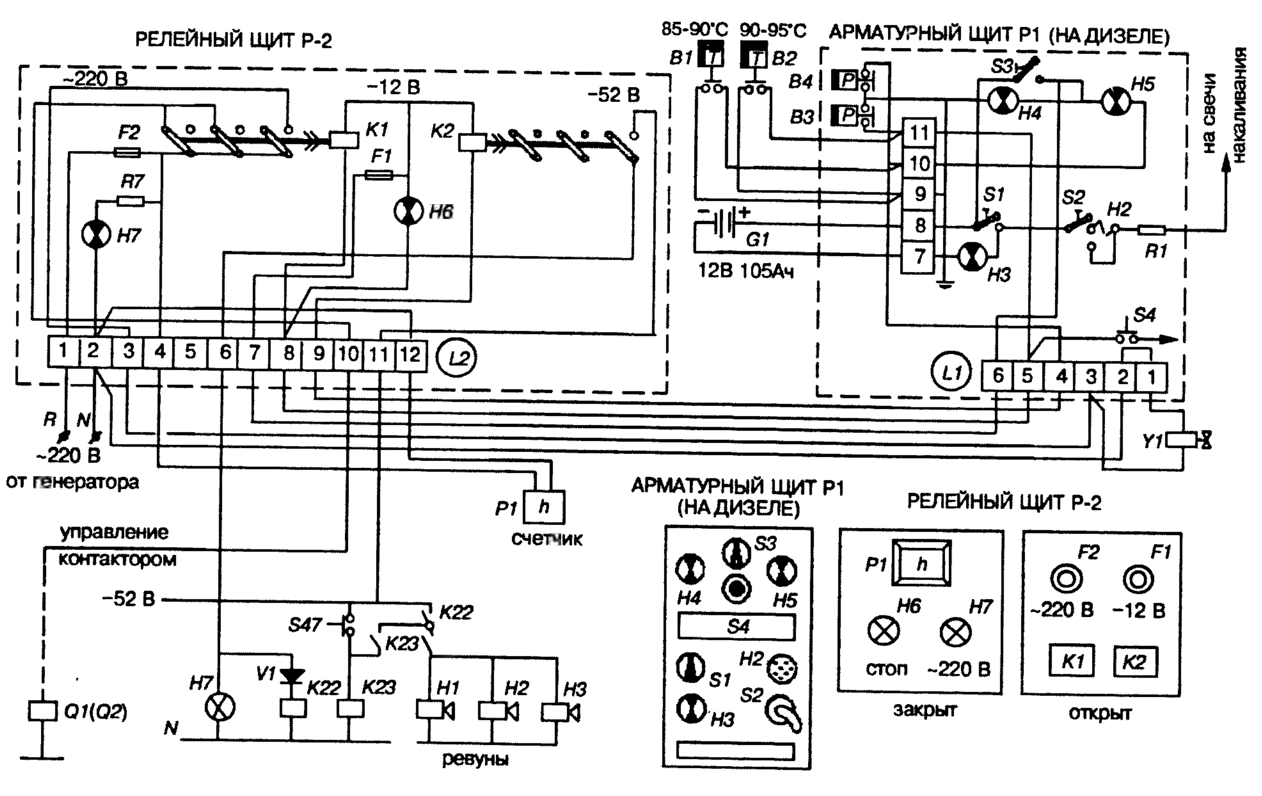


Рис. 6.6. Предупредительная сигнализация главного дизеля 4ВД21/15

— пускатель накаливания *S2* установить в положение *2* и произвести пуск дизеля. После запуска дизеля выключить *S1, S2*. Загорается белая сигнальная лампа *H7* на релейном ящике, сигнализируя о наличии питания ~220В и готовности схемы остановки;

— проверив давление масла (4–6 кг/см²), включить автоматический контроль ключом *S3*. Загорается зеленая сигнальная лампа *H4* «контроль включен».

Схема стоп-установки обеспечивает:

1. Сигнализацию о нарушении параметров работы дизеля. При повышении температуры воды до 85–90°С или понижении давления масла $P < 2{,}9$ ат замкнется контакт одного из сигнальных датчиков *B1* или *B4*, включая сигнальное реле *K2*, контакт которого замкнет цепь питания (–52 В) сигнальной лампы *H7* на световом табло *ГРЩ* «помеха дизель *1* (*2*)» и реле *K22*, включающего ревуны (см. подробнее центральную схему сигнализации помех, прил. 3 с. 86). Загорается красная лампа *H5* на арматурном щитке дизеля — «помеха». Дежурному механику выключить ревуны кнопкой *S47* на *ГРЩ* и принять меры для устранения помехи.

2. Остановку дизеля. Если помеха не устранена и происходит дальнейшее повышение температуры воды до 90–95°С или понижение давления масла $P < 1{,}9$ ат, замкнется контакт одного из останавливающих датчиков *B2* или *B3*, включая реле остановки *K1*. Его *PK* разорвет цепь питания (~220 В) катушки главного контактора *Ql* (*Q2*) генератора *1* (*2*), снимая нагрузку, а его *ЗК* подаст питание на катушку ЭМВ *Y1*, прекращающего подачу топлива (в закрытом положении *ЭМВ Y1* удерживается защелкой, перед следующим пуском защелку отпустить). Загорается красная сигнальная лампа *H6* на релейном щите — «остановка». Через 40–50 с двигатель останавливается. Гаснет белая сигнальная лампа *H7* на релейном щитке.

3. Остановку дизеля кнопкой экстренной остановки *S4* в аварийных случаях, включая реле остановки *K1* и топливный *ЗМВY1*.

Перед остановкой дизеля в условиях нормальной эксплуатации ключ автоматического контроля *S3* следует выключить, чтобы понижение давления масла не вызвало включения сигнализации и срабатывания стоп-установки.

6.4. Схемы контроля температуры

Способы контроля температуры. Для контроля за сохранностью перевозимого груза и состоянием работающих холодильно-нагревательных установок и дизель-генераторов необходимо замерять температуру в грузовых вагонах, температуру в охлаждающей системе масла, воздуха и т.д. Такие измерения выполняют с помощью специальных датчиков, удаленных, как правило, от места измерения на значительное расстояние.

В качестве датчиков используют проволочные термометры сопротивления (терморезисторы) и полупроводниковые термометры сопротивления (термисторы), которые при изменении температуры меняют свое омическое сопротивление по определенной зависимости. Рабочим элементом терморезистора является проводник, изготовленный из чистого металла (спираль, катушка), сопротивление которого при повышении температуры возрастает, а при понижении — уменьшается.

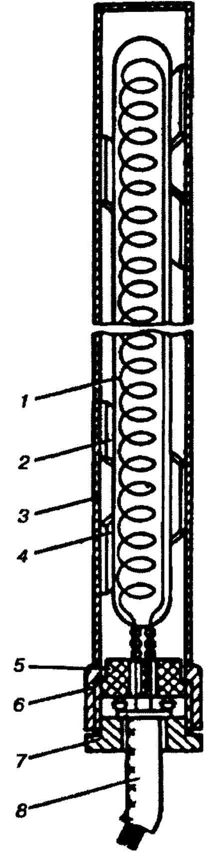


Рис. 6.7. Терморезистор

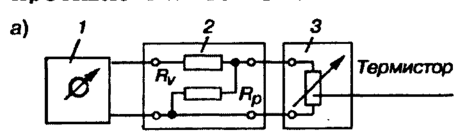
Характер изменения температуры терморезистора постоянный, т.е. его температурный коэффициент α_t, характеризующий темп увеличения сопротивления при изменении температуры на 1°С, является постоянной величиной. Для большинства чистых металлов α_t = 0,4–0,5%.

Чтобы зафиксировать малейшее изменение сопротивления, т.е. измерить температуру датчика с высокой точностью, его сопротивление делают достаточно большим. Кроме того, применяют специальные высокочувствительные схемы. Для большей надежности рабочий элемент терморезистора выполняют из металла, наименее подверженного воздействию влаги, коррозии, окисления.

Конструктивно терморезистор изготавливают в виде металлического патрона *3* (рис. 6.7), в который вставлен стеклянный цилиндр *4*

с вплавленной в него металлической спиралью *1*. Стеклянный цилиндр обернут спиралью *2* из латунной фольги, предохраняющей термометр от повреждений при ударах. В уширенную часть *6* патрона ввинчена переходная шайба *5*. Соединительный шнур *8* закреплен во втулке *7*.

Спираль терморезистора выполняют из платины или меди с начальным сопротивлением при температуре 0°С от 40 до 400 Ом. Наибольшее распространение получили терморезисторы с сопротивлением 100 Ом.



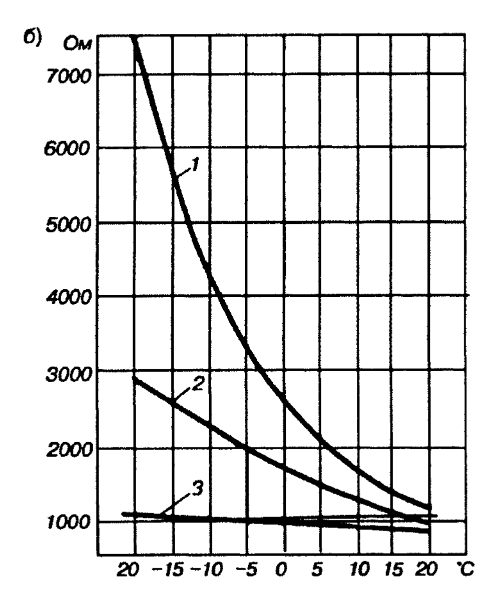


Рис. 6.8. Линеаризирующая цепь термистора (*а*) и его характеристика (*б*):

1 — измерительный прибор; *2* — уравнительная единица; *3* — термометр сопротивления

Термистор также изменяет свое сопротивление при изменении температуры, однако наоборот: при нагреве сопротивление уменьшается, при охлаждении — увеличивается. Температурный коэффициент у термистора α_t отрицательный и значительно выше (в 10–15 раз) по сравнению с терморезистором. Для всех термисторов характерна явно выраженная нелинейная зависимость изменения сопротивления от температуры, делающая коэффициент α_t непостоянным в рабочих пределах (α_t = 3–5%).

Для получения линейной характеристики термистора собирают линеаризующую цепь термистора *Rt* (рис. 6.8, *а*), состоящую из параллельного R_p и последовательного *Rv* резисторов. При включении параллельного резистора характеристика термистора, кривая (рис. 6.8, *б*) несколько выпрямляется (кривая *2*), а при включении последовательного ре-

зистора — практически ста- новится прямолинейной (прямая *3*). Недостатком линеаризации термистора является уменьшение температурного коэффициента, что сопровождается некоторой потерей чувствительности и точности измерения температуры.

Особенностью полупроводниковых термометров сопротивления является значительный разброс их характеристик. Поэтому термисторы подбирают партиями, имеющими характеристики в определенных допусках. Затем с помощью линеаризации добиваются практически одинаковой конечной характеристики. Подобранные таким образом параллельный и последовательный резисторы могут включаться в схему только со своим термистором.

Термистор помещается в гильзу *4* (рис. 6.9), ввинчиваемую в коробку *3*, которая крепится ушками *5* в необходимом месте. Проводники от термистора подключают к зажимам *2*, к которым присоединены также линеаризирующие резисторы. Кабельный ввод в коробку резистора герметизируется гайкой *1*. Для защиты от механических повреждений и влаги термистор и присоединительные проводники в гильзе *4* закрывают пластмассовым изоляционным шлангом и заливают жидким горячим стеарином. После затвердевания стеарина гильза ввинчивается в контактную коробку. Линеаризирующие резисторы наматывают из манганитовой или константановой проволоки в виде катушек, укрепленных в коробке *3* и подключенных к зажимам *2*. При работе терморезистора и термистора протекающий по ним ток не должен вызывать их нагревания и вносить температурные искажения. Максимальный ток для термисторов не превышает нескольких десятков микроампер, терморезисторов — нескольких миллиампер.

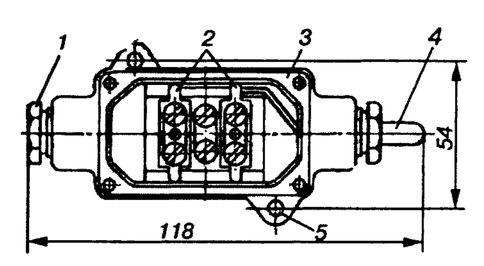


Рис. 6.9. Датчик с терморезистором и линеаризирующими резисторами

Основными датчиками, используемыми для измерения температуры на рефрижераторном подвижном составе, являются терморезисторы типа ТСП-6108 (платиновые сопротивлением 100 Ом при температуре 0°С) и ТСМ-010 (медные сопротивлени-

ем 53 Ом при температуре 0°С), а также термисторы типа TNM (сопротивлением 2500 Ом при температуре 0°С).

Схемы измерения температуры. Для измерения температуры в грузовых вагонах используют дистанционную и местную системы. В дистанционной системе показания от датчиков фиксируют по приборам на щите вагона-дизель-электростанции, в местной системе температура измеряется специальными переносными приборами, подключаемыми на время измерения к специальным розеткам, установленным снаружи вагона. Дистанционное измерение температуры на 5-вагонных секциях БМЗ дополнено автоматической записью.

В указанных системах для измерения температуры наибольшее распространение получили мостовые схемы (равновесные, неравновесные), схемы логометра, а также схемы с автоматическим и показывающим компенсаторами. Во всех этих схемах в качестве датчиков используются как терморезисторы, так и измерительные комплекты с термисторами.

Схема равновесного моста с датчиками ТСМ-010, применяемая в местной системе измерения температуры на 5-вагонной секции БМЗ, показана на (рис. 6.10). Эта схема объединяет измерительный мост (резисторы *R1, R2, R3,* реохорд *R* с шунтом $P_{ш}$), переключатель *В,* с помощью которого к мосту подключается один из датчиков R_{t1}–R_{t4}, осветительную лампу *Л,* микроамперметр *Г*, батарею *Б* с переключателем *П* и кнопкой *К,* а также корректирующие линейные $R_{л1}$–$R_{л4}$ и контрольный R_k резисторы.

Перед измерением переключателем *В* подключают контрольный резистор R_k, рукоятку реохорда R_p устанавливают на контрольную (красную) отметку и в положении переключателя *П «Точно»* нажимают кнопку *К.* При исправности схемы стрелка микроамперметра находится на нулевой отметке, т.е. мост находится в равновесии.

Затем отпускают кнопку *К,* переводят переключатель *В* в положение (R_{t1}) и при положении переключателя «*Грубо*» вновь нажимают кнопку *3* и реохордом R_p — вводят мост в равновесие. Для более точного ввода в равновесие переключатель *Л* переводят в положение «*Точно*», что обеспечивает подачу повышенного напряжения питания в схему. Замеренную температуру отсчитывают по шкале реохорда. Для измерения температуры у датчиков R_{t2}–R_{t4} переключатель *П* переводят последовательно в положения *2–4.*

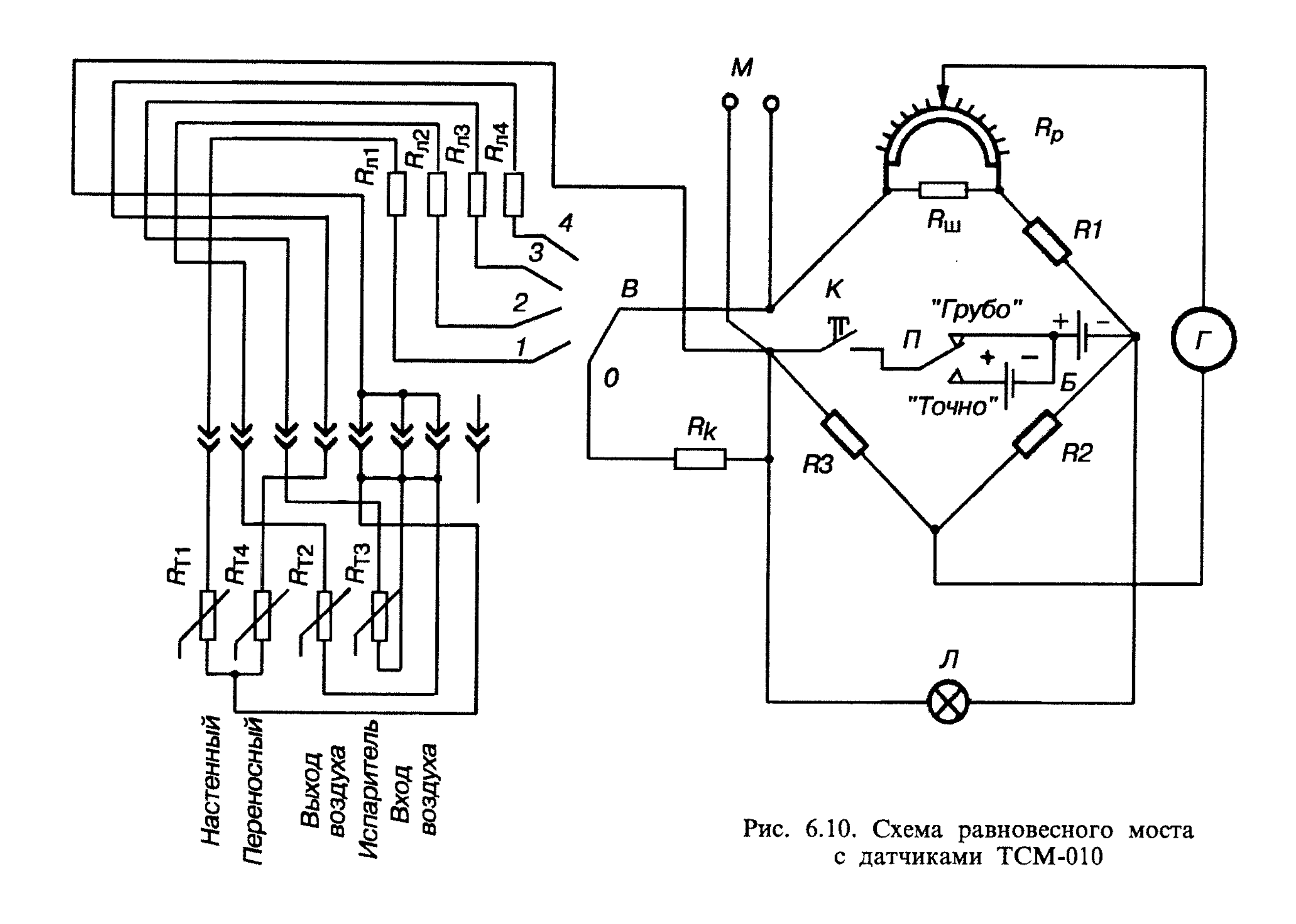


Рис. 6.10. Схема равновесного моста с датчиками ТСМ-010

Корректирующими (подгоночными) резисторами $R_{л1}$–$R_{л4}$ уравнивают сопротивления соединительных проводов при наладке и проверке термостанции. К зажимам *М* подключают контрольный магазин резисторов и проверяют работу моста во всем диапазоне измерения температуры.

Вместо терморезисторов к мосту могут подключаться измерительные комплекты с термисторами. Однако величины плечевых резисторов реохорда должны быть другими и соответствовать сопротивлению измерительного комплекта. Так, на 5-вагонных секциях ZB-5 плечевые сопротивления мостовой схемы составляют 934 Ом (используются термисторы TNM).

При измерении температуры неравновесным мостом его плечевые резисторы имеют неизменные значения сопротивлений и мост в момент измерения температуры не находится в равновесии. Поэтому перед измерением температуры необходимо установить строго определенную, действующую только для данного моста разность потенциалов на его диагонали.

Разность потенциалов устанавливают (рис. 6.11) с помощью потенциометра, к которому выключателем подключается батарея *Б*. Переключатель *П* в этом случае должен быть включен на контрольный резистор R_k, а стрелка микроамперметра Э должна находиться на красной контрольной отметке шкалы. Затем, не меняя положения потенциометра, подключают измерительные комплекты, состоящие из термистора R_k и линеаризирующих резисторов $R_д$, $R_ш$ и по шкале микроамперметра Э отсчитывают значение температуры.

Потенциометр, а также плечевые резисторы *R1, R2, R3* наматываются из манганитовой проволоки диаметром 0,1–0,2 мм.

На ряде рефрижераторных секций монтируются схемы неравновесного моста, у которых каждый термистор R_t подключается со своими плечевым *R3* и гасящим *R4* резисторами. В этом случае при замене какого-либо термистора необходимо также заменить соответствующие ему оба резистора *R3, R4*. Для установки требуемой разности потенциалов в диагонали моста пользуются контрольным резистором R_t, подключаемым выключателем B_k при выключенных выключателях *B1*, а также потенциометром $R_п$ и выключателем *B2* батареи *Б*. Плечевые резисторы моста *R1, R2* используются для измерения температуры всеми термисторами. Шкала микроамперметра Э отградуирована в °С.

Точность измерения температуры рассмотренных схем зависит

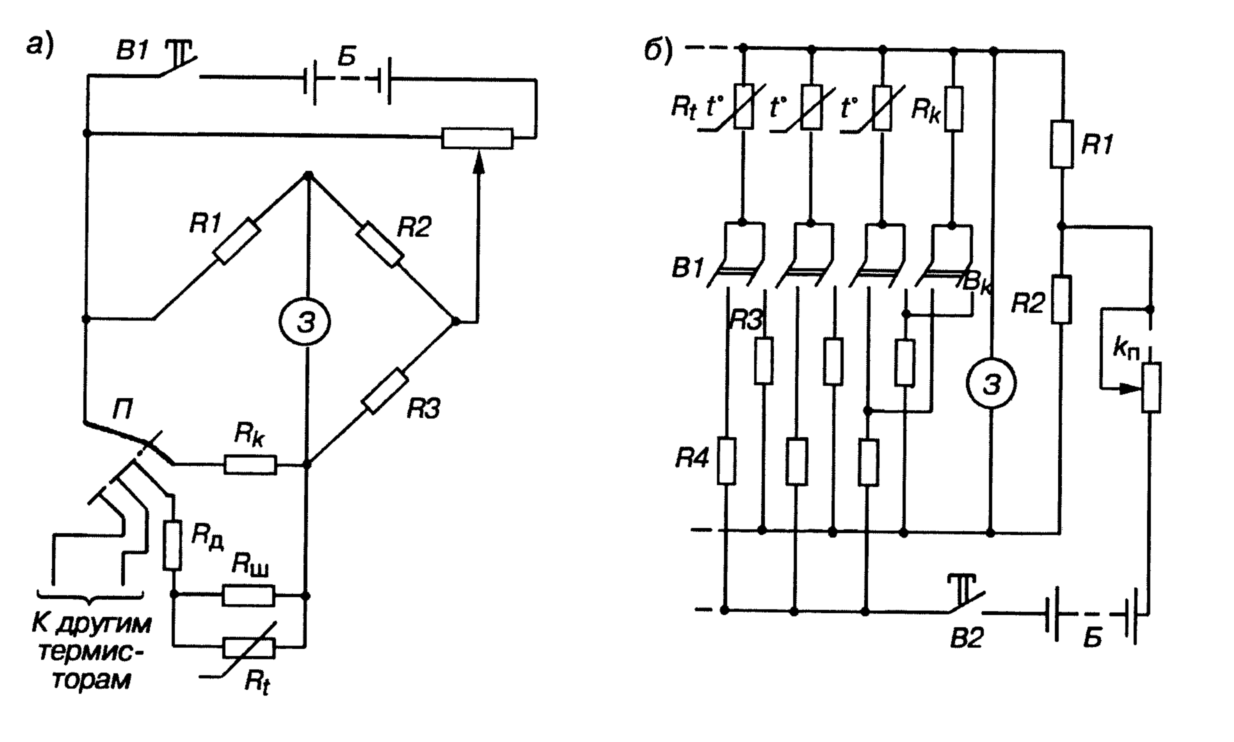


Рис. 6.11. Схема неравновесного моста с измерительными комплектами (*а*) и отдельными кремниевыми резисторами (*б*)

во многом от сопротивления соединительных проводов, изменяющегося при колебаниях температуры. Для уменьшения влияния температуры и сопротивления соединительных проводов датчики можно подключать по трехпроводной схеме. В этом случае датчик R_t (рис. 6.12) подключается так, что изменение сопротивления его соединительных проводов сказывается на обеих ветвях моста, что значительно ослабляет влияние изменения сопротивления проводов. Точка диагонали подключения батареи *Б* искусственно переносится непосредственно к терморезистору.

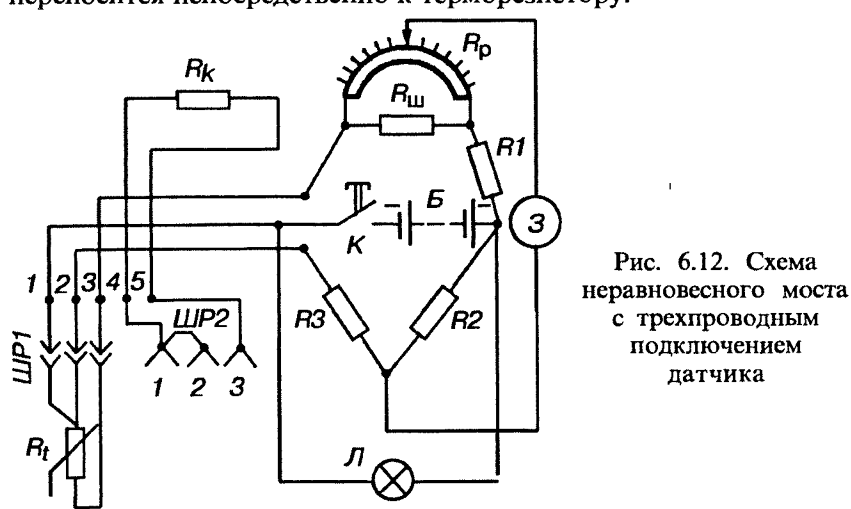


Рис. 6.12. Схема неравновесного моста с трехпроводным подключением датчика

Схема логометра объединяет логометр *2* (рис. 6.13), плечевые резисторы *1, 4,* гасящий резистор *11* с переключателем *5* и термистором *7,* а также его линеаризирующими резисторами *6, 8.*

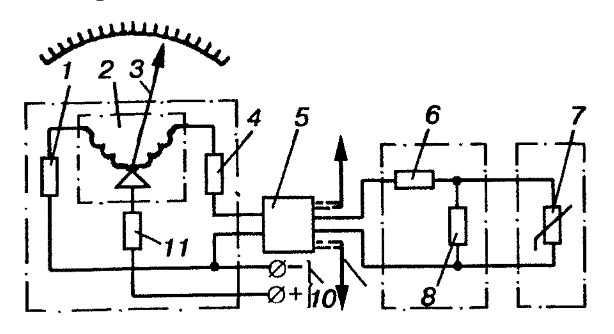


Рис. 6.13. Схема логометра

Питание к схеме подается через ввод *10* от источника постоянного тока.

Ток в левом плече и его рамке логометра не меняет своей величины. Ток в другом плече определяется температурой (сопротивлением) термистора *7*. Поэтому стрелка *3* логометра отклоняется на угол, определяемый этой температурой, и показывает на шкале ее значение. С помощью переключателя *5* и отводов *9* к измерительной схеме могут подключаться поочередно другие измерительные комплекты.

Схема логометра допускает некоторые колебания напряжения в цепи питания, т.е. в результате этого меняются токи одновременно в обоих плечах, а их отношение, определяющее угол отклонения стрелки практически остается неизменным. Поэтому потенциометры, которыми устанавливается напряжение питания, в схеме логометра отсутствуют.

Схемы логометра широко используются для измерения температуры и давления масла, а также охлаждающей жидкости у дизелей. У электротермометра датчик (гильза с резистором из никелевой проволоки) ввинчивается в масляную или водяную ванну дизеля. У электрического манометра (рис. 6.14) датчик имеет полость с мембраной *5*, в которую через штуцер *6* масло подается под давлени-

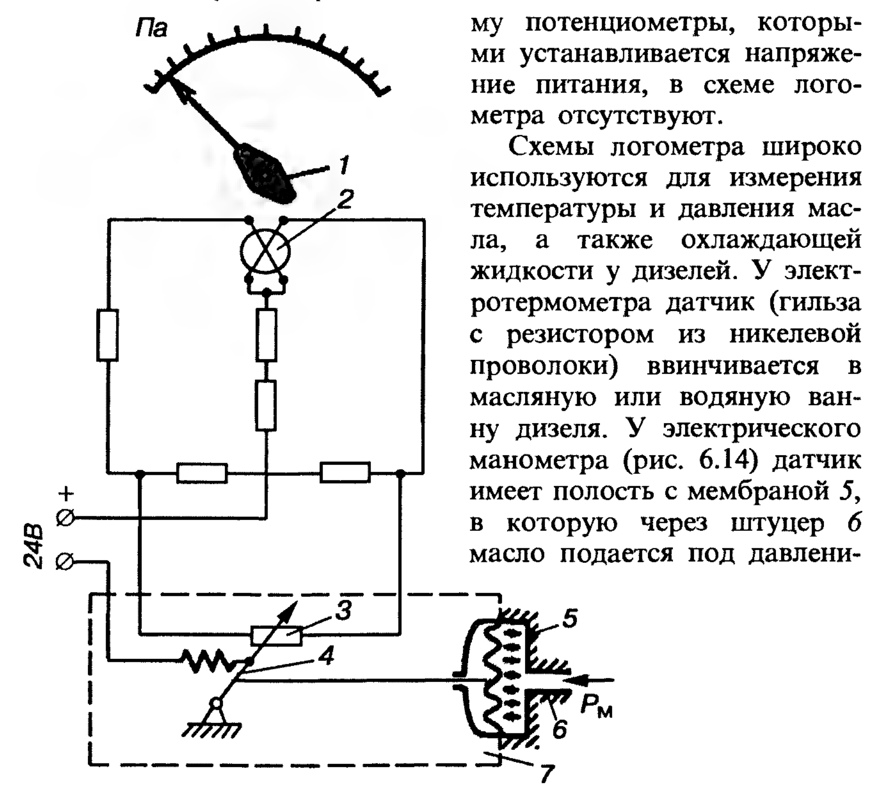


Рис. 6.14. Схема электроманометра

ем $P_м$ из системы смазки. При изменении давления меняется прогиб мембраны, воздействующей через рычажную передачу *4* на реостат *3* так, что каждому значению давления соответствует свое значение сопротивления реостата. Рычажная передача *4* и реостат *3* смонтированы в полости *7* датчика, соединенной с атмосферой и имеющей выводы для подключения в схему.

Подвижной магнит прибора *1*, поворачивающий стрелку на оси, закрыт экраном. На магнит воздействуют катушки логометра *2*, ток в которых зависит от сопротивления датчика. Шкала прибора отградуирована в единицах давления (Па).

Несмотря на применение в мостовых схемах и схемах логометра термокомпенсирующих устройств, точность измерения температуры во многом зависит от сопротивления проводов в контактах. Поэтому для обеспечения высокой точности измерения используют специальные четырехпроводные схемы включения датчиков с показывающим и записывающим компенсатором. Датчик (терморезистор) в этом случае имеет две пары отводящих проводников: основные и потенциальные. Четырехпроводные схемы включения применяют на 5-вагонных секциях БМЗ. Схема объединяет дистанционное измерение и автоматическую запись температуры.

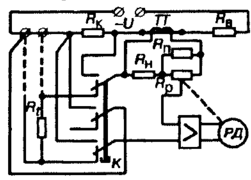


Рис. 6.15. Схема показывающего автоматического компенсатора типа КМ-140-703

В качестве показывающего прибора в дистанционной системе используется прибор типа КМ-140-703 (рис. 6.15), основным элементом которого является компенсатор переменного тока с трансформатором тока *ГТ*, позволяющий измерять сопротивление терморезистора R_t без сопротивления подводящих проводов. Сопротивление терморезистора измеряется путем автоматической компенсации напряжения, возникающего на терморезисторе, с противоположным ему по фазе напряжением, снимаемым с нагрузки вторичной обмотки *ТТ* (при небольших активных нагрузках во вторичных обмотках трансформатор работает в режиме, близком к режиму короткого замыкания, который характеризуется тем, что во вторичной обмотке ток сдвинут по фазе по отношению к току первичной обмотки на 180°).

Первичная обмотка последовательно с терморезистором R_t и

балластным резистором $R_б$ подключается к источнику переменного тока U. В начальный момент, когда измеряемая температура соответствует началу шкалы, движок реохорда $R_р$ находится в начальном положении. В этом случае падение напряжения на термометре уравновешивается компенсирующим напряжением, снимаемым с резистора $R_к$.

При изменении температуры изменяется сопротивление терморезистора, равновесие схемы нарушается, появляется разность напряжения, которая подается на вход электронного усилителя, усиливается им и подается на реверсивный двигатель *РД*, с помощью которого схема автоматически приводится в равновесие. Указатель прибора устанавливается в положение, соответствующее действительному значению температуры, которое отсчитывается по шкале прибора.

В момент равновесия схемы в результате встречного включения напряжений ток через потенциальные провода термометра не протекает и падение напряжения на этих проводах отсутствует, поэтому изменение сопротивления потенциальных проводов термометра не вызывает дополнительной погрешности в измерении температуры.

Используемые в схеме резисторы имеют следующее назначение:

$R_н$ — резистор начала шкалы для установки указателя на начальной отметке шкалы при сопротивлении терморезистора, соответствующем начальному значению температуры; $R_п$ — резистор предела измерений для приведения сопротивления реохорда в соответствии с величиной изменения сопротивления термометра при изменении температуры в пределах изменяемого диапазона; $R_б$ — балластный резистор для ограничения измерительного тока через термометр, чтобы величина погрешности от нагрева термометра этим током была минимальной. Кроме того, достаточно большое значение балластного сопротивления обусловливает стабильность чувствительности измерительной схемы во всем измеряемом диапазоне, так как изменение сопротивления термометра от температуры не вызывает в этом случае заметного изменения измерительного тока в цепи; $R_к$ — резистор контроля исправности работы прибора для проверки правильности градуировки прибора, а также наличия обрыва чувствительного элемента. Он соединен с кнопкой *К*, собранной из нескольких микровыключателей. Кнопкой закорачивается цепь терморезистора, а на вход схемы подается напряжение, снимаемое с резистора

контроля. Сопротивление этого резистора рассчитывается таким образом, чтобы при нажатии кнопки контроля стрелка прибора устанавливалась на начальной отметке шкалы.

Схема показывающего компенсатора питается напряжением 220 В, основная погрешность показаний составляет ±0,5%, диапазон измеряемых температур от –25° до +25°С. Работоспособность прибора КМ-140-703 сохраняется при температуре от 0° до +50°С.

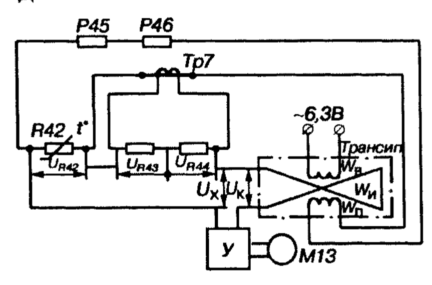


Рис. 6.16. Схема автоматического записывающего компенсатора типа СПЛ-160-036

В схеме автоматической записи используется прибор СПЛ-160-036, в основу работы которого также положен компенсационный метод измерения напряжения $U_х$ (рис. 6.16). Это напряжение является разностью напряжений (U_{R43} и U_{R44}), снимаемых со вторичной обмотки трансформатора тока *Тр7* (первичная обмотка трансформатора включена последовательно с терморезистором *R42*), и падения напряжения U_{R42} на терморезисторе. В качестве уравновешивающего устройства используется линейный бесконтактный измерительный преобразователь трансформаторного типа *«Трансип»*. Его обмотка возбуждения $О_д$ расположена на подвижном магнитопроводе и получает от трансформатора полупроводникового усилителя *У* напряжение 6,3 В.

Питание компенсационной схемы, состоящей из резисторов *R42–R46* осуществляется от вторичной обмотки $W_п$, расположенной также на подвижном магнитопроводе. Компенсирующее напряжение $U_к$ снимается с измерительной обмотки $W_и$, выполненной в виде двух треугольников (восьмерка) на плате, размещенной в зазоре подвижного магнитопровода, который перекрывает площадь обмотки пропорционально его линейному перемещению.

Если напряжение $U_х$ компенсационной схемы не равно компенсирующему напряжению $U_к$, на вход усилителя *У* поступает разность этих напряжений, в результате чего реверсивный двигатель *М13,* подключенный к выходу усилителя, перемещает подвижную часть обмотки *«Трансип»* и связанный с ней указа-

тель прибора до тех пор, пока $U_х$ не будет равно $U_к$. При этом каждому значению $U_х$ и, следовательно, измеряемой температуре будет соответствовать определенное положение обмотки $W_в$ *«Трансил»* и указателя прибора.

Измерительная стрелка прибора СПЛ-160-036 оборудована тепловым пером, которое нагревается с помощью спирали, встроенной в корпус пера. Спираль получает питание от специального трансформатора. Температура записывается на теплочувствительной бумаге, что обеспечивает работу прибора в течение длительного времени без вмешательства обслуживающего персонала.

Все узлы прибора СПЛ-160-036 монтируют на кронштейнах в корпусе, который закрывается крышкой. Измерительная часть прибора конструктивно объединяется с лентопротяжным механизмом, трансформатором питания, шкалой с указателем и усилителем. Тепловое перо прибора постоянно соединено с диаграммной лентой, так что одновременно с измерением температуры делается отметка на диаграмме. Записанные значения температуры расшифровывают при помощи специальной линейки.

Схема самопишущего прибора также питается напряжением 220 В. Основная погрешность в режиме показаний ±0,5%, в режиме записи ±1%. Диапазон измеряемых температур от –25° до +25°С; работоспособность прибора сохраняется при температуре от 0 °до +50°С.

В схемах показывающего и автоматического компенсаторов в качестве терморезисторов используются герметичные датчики типа ТСП-6108, имеющие сопротивление при температуре 0°С 100 Ом. Защитная арматура выполнена из нержавеющей стали, каждый датчик имеет четырехпроводную систему выводных проводов.

Для возможности измерения температуры у нескольких датчиков показывающие компенсаторы и компенсаторы автоматической записи дополняют коммутирующими устройствами в виде переключателей, программных реле и т.д.

6.5. Схемы контроля температуры обмоток генераторов и двигателей

Для контроля за температурой обмоток синхронных генераторов и электродвигателей используют специальные температур-

ные реле, датчики (термисторы) которых укрепляют непосредственно на обмотке с хорошим тепловым контактом. Так, температурное реле типа ETW1 (рис. 6.17), которое применяют для защиты обмоток синхронных генераторов от перегрева на 5-вагонных секциях ZB-5, состоит из термисторов R_{t1}–R_{t3}, блока питания (трансформатор *Тр*, кремниевые диоды G_{r2}, G_{r3}, конденсатор *С* и предохранитель *Лр*), триггера (транзисторы *T1, T2,* резисторы *R1-R8*) и переключающего выходного реле R_{sa} (на 24 В) с германиевым диодом G_{r1}, Полупроводниковые датчики R_{t1}–R_{t3} подключены к зажимам *1a, 1b.* Они укреплены на лобовых частях фазовых обмоток, пропитываются и сушатся вместе с ними.

При подаче напряжения 220 В на вход блока питания (зажимы *6а,* T_0) на триггер поступает 26,2 В постоянного напряжения, что вызывает срабатывание реле R_{sa}. При нагреве обмотки до температуры выше 105°С сопротивление датчиков повышается настолько, что триггер запирается и перестает питать реле катушки R_{sa}, которое переключает контакты R_{SAI}–R_{SAIII}, подключенные к зажимам *3а-5а, 3b-8b.* При понижении температуры обмотки ниже 105°С сопротивление датчиков уменьшается, триггер открывается и реле включается. Схема обеспечивает отключение реле R_{sa} при обрыве цепи датчиков, так как в этом случае резко возрастает сопротивление между зажимами *1a* и *1b.* Схема настраивается с помощью переменного резистора *R2.* Сопротивление составляет: при температуре 20°С 60±30 Ом при 105°С не менее 300 Ом; при 110°С не менее 900 Ом.

Для защиты обмоток электродвигателя компрессора на вагонах немецкой постройки применяют температурное реле типа

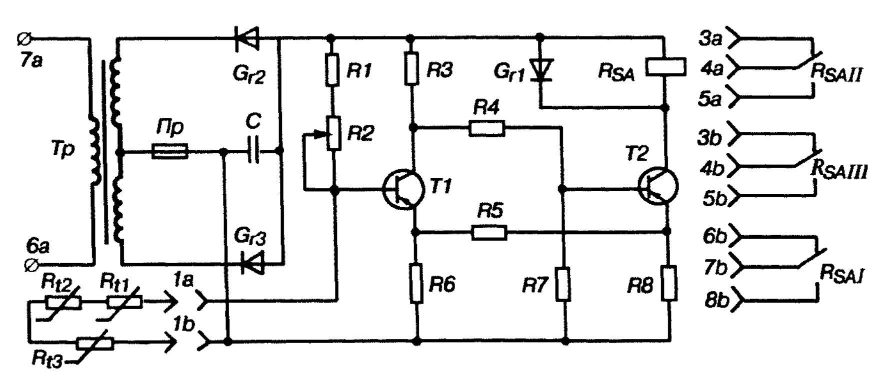


Рис. 6.17. Электронное температурное реле ETW1

S-MSA, срабатывающее соответственно при температурах 90°C и 80°C.

Реле F2 электронной защиты электродвигателя компрессора от перегрева

В качестве датчика (рис. 6.18) использован керамический полупроводник типа ТРМ-90 со значительным положительным температурным коэффициентом (сопротивление датчика резко возрастает с увеличением температуры выше +80°C). Три датчика соединены последовательно и уложены по одному в каждой фазе статорной обмотки электродвигателя компрессора (см. рис. 6.18).

При подаче напряжения в схему агрегата переключателем *Q1* или *S43* ГРЩ запитывается и схема защиты *F2* через трансформатор $T_р$ и двухполупериодный выпрямитель $Д_1$–$Д_2$.

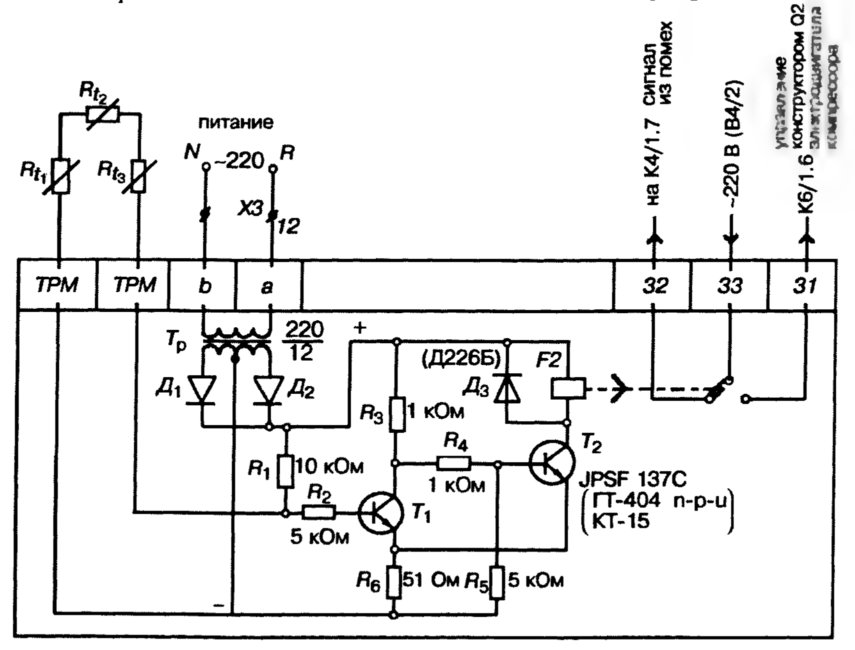


Рис. 6.18. Реле *F2* электронной защиты электродвигателя компрессора от перегрева:

Rt_1, Rt_2, Rt_3 — датчики (термисторы с положительным температурным коэффициентом) уложены в каждой фазе статорной обмотки

Электронный блок собран на 2-х транзисторах T_1, T_2, работающих в режиме порогового выключателя. Делитель напряжения $R_1 + R_4$ подобран так, что при нормальной температуре статорной обмотки электродвигателя на базу транзистора T_1 подается небольшой запирающий потенциал. Транзистор T_2 открывается, замыкая цепь питания катушки исполнительного реле *F2*.

Реле *F2* срабатывает, его переключающий контакт *33-31* замкнется, подготавливая цепь управления магнитным пускателем *Q2* электродвигателя компрессора. При повышении температуры обмотки до +90°C сопротивление датчиков резко возрастает, что приведет к открыванию транзистора T_1 и запиранию транзистора T_2. Катушка реле *F2* обесточивается, переключающий контакт *33-31* выключит электродвигатель компрессора и включит реле *К4* сигнализации помех и лампу *H1*. Контакты реле *К4* включат световое табло *ГРЩ* и ревуны. При уменьшении температуры статорной обмотки ниже +80°C схема придет в рабочее положение, подготавливая включение компрессора.

Схема не реагирует на короткое замыкание в цепи датчиков.

6.6. Устройство пожарной сигнализации

Назначение УПС-ТМ. Установка пожарной сигнализации транспортная модернизированная типа УПС-ТМ №.425641.004 (в дальнейшем УПС-Ш) предназначена для раннего автоматического обнаружения признаков пожара в помещениях пассажирского или специализированного железнодорожного вагона, сигнализации о пожаре и месте его возникновения работающему на подвижном составе персоналу, автоматического включения системы пожаротушения пульта управления электрооборудованием вагона при его загорании.

Режим работы УПС-ТМ длительный (рис. 6.19).

В тексте приняты следующие сокращения обозначений:

ППКП УПС-ТМ — пожарный приемно-контрольный прибор УПС-ТМ;

АСПТ ПУ — автоматизированная система пожаротушения пульта управления электрооборудованием вагона.

В состав *УПС-ТМ* входят *ППКП* (пожарный приемно-контрольный прибор) и комплект комбинированных тепловых по-

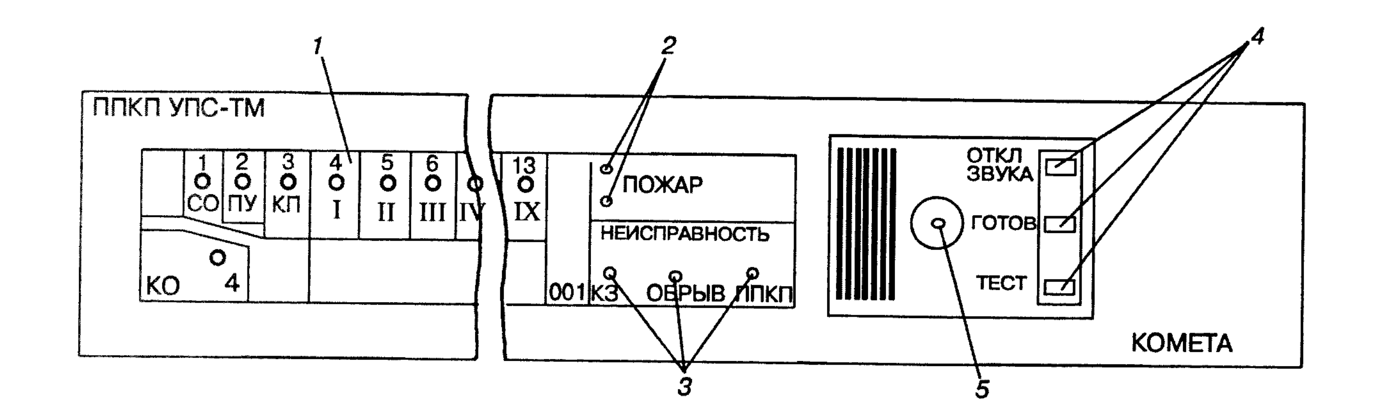


Рис. 6.19. Общий вид блока управления УПС-ТМ КОМЕТА:

1 — табло со светодиодами красного цвета и планировкой вагона; *2* — светодиоды красного цвета «Пожар»; *3* — светодиоды желтого цвета сигнализирующие о наличии неисправности; *4* — кнопки; *5* — светодиод желтого цвета сигнализирующий о готовности УПС; *СО* — служебное помещение; *ПУ* — пульт управления; *КП* — купе; *КО* — котельное отделение

жарных извещателей. Количество пожарных извещателей в комплекте зависит от типа вагона.

Комбинированные (дымотепловые оптические) пожарные извещатели реагируют на задымление и быстрый рост температуры окружающей среды.

Тепловые — реагируют на быстрый рост температуры окружающей среды до определенного максимального значения. В помещениях вагона устанавливают извещатели, реагирующие на задымленность, а в котельном помещении — на наибольшую температуру (70±5°С) и дифференциал температуры 10°С не более чем за 3 мин. На каждом извещателе смонтирован красный светодиод, который светится при срабатывании и проверке работоспособности извещателя специальными устройствами. Каждый из пожарных извещателей подключается к ППКП УПС-ТМ посредством двухпроводной линии связи. На лицевой панели блока управления имеется табло *1*, на котором изображена планировка вагона и место установки пожарных извещателей в виде светодиодов красного цвета. В процессе эксплуатации установка пожарной сигнализации может находиться в одном из трех режимов: дежурном, ПОЖАР, неисправность. В дежурый режим установка входит автоматически, одновременно с включением электрооборудования вагона. При этом кратковременно включаются (до 18 с) звуковые сигналы тревоги: НЕИСПРАВНОСТЬ, ПОЖАР, вся световая сигнализация на дисплее и световой индикатор зеленого свечения на лицевой панели ППКП УПС-ТМ. В дежурном режиме остается включенным только индикатор зеленого свечения. В режиме ПОЖАР выдаются два вида звуковых и световых сигналов тревоги: при задымлении или при повышении температуры в контролируемом помещении вагона включается ПРЕРЫВИСТЫЙ звуковой сигнал тревоги ПОЖАР, индикатор красного свечения, указывающий помещения вагона, в котором обнаружены признаки пожара, и два индикатора красного свечения в зоне табло «ПОЖАР». При задымлении и повышении температуры (явный признак пожара) звуковой сигнал тревоги ПОЖАР переключается на прерывистый повышенной частоты, а индикатор помещения вагона — с постоянного свечения в мигающее. Если в вагоне установлена «Установка пожаротушения электропульта», то при загорании (т.е. при одновременном срабатывании дымовых и тепловых извещателей) на пульте ППКП УПС-ТМ транслируются звуковые и световые

сигналы (дополнительно включается индикатор красного свечения «АСПТ ПУ» в зоне табло «ПОЖАР» означающий, что на «Установку пожаротушения» выдан сигнал на автоматическое включение).

В режиме НЕИСПРАВНОСТЬ включаются непрерывный звуковой сигнал тревоги, индикаторы свечения вида неисправности (КЗ, ОБРЫВ, ППКП) и индикатор красного свечения, указывающий на помещение вагона, в котором возникла неисправность.

УПС-ТМ обеспечивает:

- непрерывный контроль целостности и исправности линий связи с пожарными извещателями (обрывы, короткие замыкания) и работоспособность ППКП УПС-ТМ с включением при неисправностях на ППКП УПС-ТМ звукового сигнализатора (непрерывное звучание), единичных индикаторов желтого свечения ОБРЫВ, КЗ или ППКП и единичных индикаторов, указывающих на помещения вагона, с которыми нарушены линии связи;
- трансляцию через сработавшие релейные контактные пары сигналов ГОТОВНОСТЬ, ПОЖАР, НЕИСПРАВНОСТЬ на центральный пульт и поездные системы;
- автоматический приоритетный переход в режим выдачи сигналов ПОЖАР из режима НЕИСПРАВНОСТЬ линии связи при срабатывании пожарных извещателей по исправным линиям связи.

Неисправности в отдельных линиях связи пожарных извещателей с ППКП УПС-ТМ или переход отдельных линий связи в режим выдачи сигнала *ПОЖАР* при срабатывании пожарного извещателя не нарушают работоспособности отдельных линий связи и не влияют на правильную регистрацию событий УПС-ТМ.

УПС-ТМ позволяет:

- отключить выдачу звукового сигналов тревоги кнопкой ОТКЛ. ЗВУКА на лицевой панели ППКП УПС-ТМ по линии связи, находящейся в режиме выдачи сигнала тревоги (без включения световых сигналов) и автоматически возобновлять звуковые сигналы тревоги при переходе в режим тревоги любой из остальных линий связи;
- автоматически переходить в дежурный режим из режима НЕИСПРАВНОСТЬ после устранения неисправности;
- переходить в дежурный режим из режима ПОЖАР после нажатия кнопки ГОТОВ на лицевой панели ППКП УПС-ТМ.

Оперативный контроль работоспособности УПС-ТМ осуществляется путем контроля кратковременного включения звуковой и световой сигнализации на ППКП УПС-ТМ при каждом включении УПС-ТМ и, при необходимости, от нажатия кнопки ТЕСТ на лицевой панели ППКП УПС-ТМ.

При полном контроле работоспособности УПС-ТМ дополнительно проверяется срабатывание пожарных извещателей от кнопок, встроенных в комбинированные извещатели, и от переносного источника тепла (входящего в комплект поставки УПС-ТМ), подключаемого к бортовой электросети вагона.

На лицевой панели ППКП УПС-ТМ кроме кнопок ГОТОВ, ОТКЛ. ЗВУКА, ТЕСТ и звукового сигнализатора расположены единичный индикатор зеленого свечения включенного состояния УПС-ТМ и табло-дисплей с мнемосхемой расположения помещений вагона, мест установки пожарных извещателей, зон световой индикации ПОЖАР, НЕИСПРАВНОСТЬ и соответствующих им единичных индикаторов красного и желтого свечения. За лицевой панелью ППКП УПС-ТМ, открывающейся с помощью спецключа, расположены кнопки включения линий связи с пожарными извещателями.

На каждом из комбинированных и тепловых пожарных извещателей имеются индивидуальные единичные индикаторы красного свечения, включающиеся при выдаче извещателями сигналов тревоги ПОЖАР.

В каждом из колпаков, предназначенных для установки пожарных извещателей, имеются механические защелки, предотвращающие несанкционированный съем извещателей.

Проверка работоспособности УПС-ТМ после установки и электромонтажа в вагоне и в процессе эксплуатации вагона. Контроль работоспособности УПС-ТМ после установки и электромонтажа в вагоне и в процессе эксплуатации вагона заключается в проверке следующих режимов:

- автоматического выхода УПС-ТМ в дежурный режим после подачи на него первичного питающего напряжения от бортовой электросети вагона.
- приема на ППКП УПС-Ш сигналов тревоги ПОЖАР от сработавших пожарных извещателей с включением на ППКП УПС-ТМ звукового сигнала тревоги ПОЖАР, единичных индикаторов красного свечения ПОЖАР и единичных индикаторов красного свечения, указывающих на по-

мещения вагона, в которых произошло срабатывание пожарных извещателей;

- перевода УПС-ТМ из режима выдачи сигналов тревоги ПОЖАР в дежурный режим от нажатия кнопки «ГОТОВ» на ППКП УПС-ТМ;
- приема ППКП УПС-ТМ сигналов тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ линий связи с пожарными извещателями, с включением на ППКП УПС-ТМ звукового сигнала тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ, единичных индикаторов желтого свечения ОБРЫВ, КЗ и единичных индикаторов красного свечения, указывающих на помещения вагона, с которыми нарушены линии связи;
- автоматического перехода ТПС-ТМ в дежурный режим после устранения неисправностей в линиях связи;
- автоматического приоритетного перехода УПС-ТМ в режим выдачи сигналов тревоги ПОЖАР из режима НЕИСПРАВНОСТЬ линии связи при срабатывании пожарных извещателей по исправным линиям связи;
- восстановления предыдущего режиму ПОЖАР состояния УПС-ТМ (дежурный или неисправность) после устранения причин, вызвавших выдачу сигнала тревоги ПОЖАР и нажатия кнопки «ГОТОВ» на ППКП УПС-ТМ;
- отключения выдачи звуковых сигналов тревоги ПОЖАР и НЕИСПРАВНОСТЬ кнопкой «ОТКЛ. ЗВУКА» на ППКП УПС-ТМ по линии связи, находящейся в режиме выдачи сигнала тревоги (без выключения световой сигнализации) и автоматического возобновления звуковых сигналов тревоги при переходе в режим тревоги любой из остальных линий связи или при выдаче дополнительных сигналов тревоги по этой линии связи в случае срабатывания второй половины комбинированного извещателя;
- кратковременного контроля работоспособности и правильности функционирования звуковых и световых сигналов тревоги от кнопки ТЕСТ на ППКП УПС-ТМ;
- автоматического включения «Установки пожаротушения» пульта управления электрооборудованием вагона при обнаружении признаков загорания.

Проверка перечисленных режимов работы УПС-ТМ осуществляется в два этапа:

1. Проверка работоспособности ППКП УПС-ТМ, линий свя-

зи и пожарных извещателей находящихся в служебном отделении вагона;

2. Проверка работоспособности линий связи и пожарных извещателей, находящихся в остальных помещениях вагона.

Для контроля работоспособности УПС-ТМ необходимо выполнить следующие подготовительные операции:

1. Открыть с помощью спецключа лицевую панель ППКП УПС-ТМ;

2. Нажать клавиши включения линий связи в соответствии с номерами пожарных извещателей, обозначенных на мнемосхеме помещения вагона на табло-дисплее ППКП УПС-ТМ. Закрыть с помощью спецключа лицевую панель ППКП УПС-ТМ;

3. Подать на УПС-ТМ питающее напряжение, включив пульт управления электрооборудованием вагона;

4. Контролировать постоянное включение на ППКП УПС-ТМ единичного индикатора зеленого свечения, кратковременное (до 18 с) контрольное прохождение звуковых сигналов тревоги и кратковременное включение всех индикаторов красного и желтого свечения на табло-дисплее ППКП УПС-ТМ;

5. Выполнение требований пп. 3, 4 подтверждает работоспособность УПС-ТМ в режиме автоматического выхода в дежурный режим после подачи на ППКП УПС-ТМ первичного питающего напряжения от бортовой сети вагона;

6. Обеспечить доступ к пожарным извещателям» «*1*», «*2*» и «*16*» (при его наличии) в служебном отделении вагона.

7. Нажать и удерживать кнопку на комбинированном пожарном извещателе «*2*». Контролировать через 3...5 с после нажатия кнопки включение на ППКП УПС-ТМ прерывистого звукового сигнала тревоги ПОЖАР, включение на табло-дисплее двух переключающихся единичных индикаторов красного свечения «*ПОЖАР*» и единичного индикатора красного свечения «ПУ-2». Отпустить кнопку на пожарном извещателе «*2*»;

8. Нажать на ППКП УПС-ТМ кнопку «ОТКЛ. ЗВУКА» и контролировать отключение звуковой сигнализации тревоги ПОЖАР. Световая сигнализация должна остаться без изменений;

9. Поднести к пожарному извещателю «*1*» и включить источник тепла (предварительно подключив его к бортовой электросети вагона). Контролировать через 15–20 с возобновление на-

ППКП УПС-ТМ прерывистого звукового сигнала тревоги ПОЖАР (после чего выключить источник тепла) и дополнительное включение на табло-дисплее единичного индикатора красного свечения «СО»;

10. Нажать на ППКП УПС-ТМ кнопку «ОТКЛ. ЗВУКА» и контролировать отключение звуковой сигнализации тревоги ПОЖАР. Световая сигнализация должна остаться без изменений;

11. Поднести к пожарному извещателю «*2*» и включить источник тепла. Контролировать через время до 15 с возобновление на ППКП УПС-ТМ звукового прерывистого (повышенной частоты) сигнала тревоги ПОЖАР (после чего выключить источник тепла) и переключение единичного индикатора красного свечения «ПУ-2» с постоянного свечения в мигающее;

12. Нажать на ППКП УПС-ТМ кнопку «ОТКЛ. ЗВУКА» и контролировать отключение звуковой сигнализации тревоги ПОЖАР. Световая сигнализация должна остаться без изменений;

13. Нажать и удерживать кнопку на комбинированном пожарном извещателе «*1*», контролировать через 3...5 с после нажатия кнопки возобновление на ППКП УПС-ТМ звукового прерывистого (повышенной частоты) сигнала тревоги ПОЖАР и переключение единичного индикатора красного свечения «СО» с постоянного свечения в мигающее.

Примечание. Если на месте извещателя «*1*» установлен тепловой пожарый извещатель, то пп. 12..13 не выполнять;

14. Нажать на 2...3 с и отпустить кнопку «ГОТОВ» на ППКП УПС-ТМ. Контролировать выключение звуковой и всей световой сигнализации на табло-дисплее ППКП УПС-ТМ.

15. Выполнение требований пп. 7....14 подтверждает работоспособность пожарных извещателей «*1*», «*2*» на ППКП УПС-ТМ в режимах: приема сигналов тревоги ПОЖАР и выдачи звуковых и световых сигналов тревоги ПОЖАР; отключение звуковых сигналов тревоги ПОЖАР от нажатия кнопки «ОТКЛ. ЗВУКА» и автоматического возобновления их после приема сигнала тревоги ПОЖАР по соседним линиям связи, перевода УПС-ТМ в дежурный режим от нажатия кнопки «ГОТОВ»;

16. Отключить (снять с помощью выталкивателя) пожарный извещатель «*2*». Контролировать включение на ППКП УПС-ТМ непрерывного звукового сигнала тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ, включение на табло-дисплее единичного индикатора желтого

свечения «ОБРЫВ» и включение единичного индикатора красного свечения «ПУ-2»;

17. Закоротить электропроводящей перемычкой (отрезком провода) клеммы *2* и *4* в розетке пожарного извещателя «*2*». Контролировать на табло-дисплее ППКП УПС-ТМ выключение индикатора «ОБРЫВ» и включение единичного индикатора желтого свечения «КЗ». Звуковой сигнал тревоги и индикатор «ПУ-2» не должны изменить своего состояния;

18. Снять электропроводящую перемычку из розетки пожарного извещателя «*2*». Конролировать выключение индикатора «КЗ» и включение индикатора «ОБРЫВ». Звуковой сигнал тревоги и индикатор «ПУ-2» не должны изменить своего состояния;

19. Нажать на ППКП УПС-ТМ кнопку «ОТКЛ. ЗВУКА» и контролировать отключение звуковой сигнализации тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ. Световая сигнализация должна остаться без изменений;

20. Отключить (снять с помощью выталкивателя) пожарный извещатель «*1*». Контролировать возобновление на ППКП УПС-ТМ непрерывного звукового сигнала НЕИСПРАВНОСТЬ, дополнительное включение на табло-дисплее единичного индикатора красного включения «СО».

21. Подключить (установить) ранее отключенный пожарный извещатель «*2*». Контролировать выключение на табло-дисплее единичного индикатора красного включения «ПУ-2». Остальная звуковая и световая индикация должны остаться без изменения;

22. Нажать на ППКП УПС-ТМ кнопку «ОТКЛ. ЗВУКА» и контролировать отключение звуковой сигнализации тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ. Световая сигнализация должна остаться без изменений.

23. Нажать и удерживать кнопку на пожарном извещателе «*2*», контролировать через 3...5 с после нажатия кнопки включение на ППКП УПС-ТМ прерывистого звукового сигнала тревоги ПОЖАР, включение световой сигнализации «ПОЖАР» на «ПУ-2», выключение световой сигнализации «ОБРЫВ» и «СО»;

24. Нажать на 2...3 с и отпустить кнопку «ГОТОВ» на ППКП УПС-ТМ. Контролировать переключение прерывистого звукового сигнала тревоги ПОЖАР в непрерывный звуковой сигнал тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ, выключение световой сигнализации ПОЖАР на «ПУ-2», включение световой сигнализации «ОБРЫВ» и «СО».

25. Подключить (установить) ранее отключенный пожарный извещатель «*1*». Контролировать выключение звуковой сигнализации тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ, выключение световой сигнализации «ОБРЫВ», «СО» и переход УПС-ТМ в дежурный режим;

26. Выполнение требований пп. 16...25 подтверждает работоспособность ППКП УПС-ТМ в режимах: обнаружения неисправностей в линиях связи с пожарными извещателями и выдачи звуковых и световых сигналов тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ; отключения звукового сигнала НЕИСПРАВНОСТЬ от нажатия кнопки «ОТКЛ. ЗВУКА» и автоматического возобновления его после приема сигнала тревоги ПОЖАР или НЕИСПРАВНОСТЬ по соседним линиям связи; автоматического приоритетного перехода УПС-ТМ в режим выдачи сигналов тревоги *ПОЖАР* из режима НЕИСПРАВНОСТЬ линии связи; восстановление предыдущего режиму ПОЖАР режима НЕИСПРАВНОСТЬ после устранения причин, вызвавших выдачу сигнала тревоги ПОЖАР;

27. Нажать одновременно на 2...3 с и отпустить кнопки «ТЕСТ» и «ГОТОВ» на ППКП УПС-ТМ. Контролировать кратковременное (10...20 с) последовательное прохождение звуковых сигналов тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ (непрерывный сигнал), ПОЖАР (прерывистый сигнал, а затем — прерывистый сигнал повышенной частоты) и включение на время прохождения звуковых сигналов тревоги всех единичных световых индикаторов красного и желтого свечения на табло-дисплее ППКП УПС-ТМ;

28. При наличии в УПС-ТМ средств автоматического включения «Установки пожаротушения» электропульта вагона, т.е. наличия комбинированного пожарного извещателя *16* (установленного рядом с извещателем «*2*») и единичных индикаторов красного свечения «ПУ-16» и «АСПТ ПУ» на табло-дисплее ППКП УПС-ТМ необходимо дополнительно выполнить следующие проверки ППКП УПС-ТМ:

28.1. Выполнить требования Инструкции на «Установку пожаротушения» по отключению огнетушителя при проведении проверок ее работоспособности;

28.2. Нажать и удерживать кнопку на пожарном извещателе «*2*». Контролировать через 3…5 с после нажатия кнопки включения на ППКП УПС-ТМ прерывистого звукового сигнала тревоги ПОЖАР, включения на табло-дисплее единичных индикаторов красного свечения «ПОЖАР» и «ПУ-2». Отпустить кнопку на пожарном извещателе «*2*»;

28.3. Нажать и удерживать кнопку на пожарном извещателе *16*. Контролировать через 3...5 с после нажатия кнопки дополнительное включения на ППКП УПС-ТМ единичного индикатора красного свечения «ПУ-16». Отпустить кнопку на пожарном извещателе;

28.4. Поднести к пожарному извещателю «*2*» и включить источник тепла (предварительно подключив его к бортовой электросети вагона). Контролировать через 15...20 с переключение звукового сигнала тревоги ПОЖАР с прерывистого в прерывистый повышенной частоты (после чего выключить источник тепла) и переключение единичного индикатора красного свечения «ПУ-2» с постоянного свечения в мигающее;

28.5. Поднести к пожарному извещателю «*1*» и включить источник тепла (предварительно подключив его к бортовой электросети вагона). Контролировать через 15–20 с включение на табло-дисплее ППКП УПС–ТМ единичного индикатора красного свечения «АСПТ ПУ» (после чего выключить источник тепла), переключение единичного индикатора красного свечения «ПУ-16» с постоянного свечения в мигающее, включение «Установки пожаротушения».

Примечание. При отсутствии в вагоне «Установки пожаротушения», проверить наличие замыкания между контактами *49* и *50* клеммной колодки кассеты ППКП УПС-ТМ включения единичного индикатора красного свечения «АСПТ ПУ»;

29. Выполнение требований п. 28 подверждает работоспособность УПС-ТМ в режиме автоматического включения «Установки пожаротушения» пульта управления электрооборудованием вагона при обнаружении в нем признаков загорания.

В процессе эксплуатации УПС-ТМ проводник вагона обязан:

1. Следить за постоянным нахождением УПС-ТМ во включенном состоянии (постоянное включение индикатора зеленого свечения на ППКП УПС-ТМ). Если индикатор зеленого свечения выключен, немедленно вызвать поездного электромеханика для выяснения и устранения причин неработоспособности УПС-ТМ;

2. Следить за световой и звуковой сигнализацией, выдаваемой УПС-ТМ;

3. При включении ПРЕРЫВИСТОГО звукового сигнала тревоги ПОЖАР определить по табло-дисплею ППКП УПС-ТМ

помещение вагона, из которого поступил сигнал тревоги, осмотреть его и при обнаружении загорания действовать по соответствующим инструкциям;

4. После устранения причин, вызвавших выдачу сигнала трвоги ПОЖАР, перевести УПС-ТМ в дежурный режим нажатием кнопки «ГОТОВ» на ППКП УПС-ТМ;

5. Если сигнал тревоги ПОЖАР выдается без признаков загорания в помещениях вагона и не снимается при нажатии кнопки «ГОТОВ», отключить звуковой сигнал тревоги кнопкой «ОТКЛ. ЗВУКА» на ППКП УПС-ТМ и вызвать поездного электромеханика для выяснения причин, вызвавших срабатывание УПС-ТМ.

Учесть, что при возникновении признаков загорания в других помещениях вагона, звуковой сигнал тревоги ПОЖАР возобновляется;

6. При включении НЕПРЕРЫВНОГО звукового сигнала тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ определить по табло-дисплею помещение вагона, из которого поступил сигнал тревоги и осмотреть его на предмет незапланированного съема пожарного извещателя. При отсутствии видимых повреждений, отключить звуковой сигнал тревоги кнопкой «ОТКЛ. ЗВУКА» на ППКП УПС-ТМ и вызвать поездного механика для выяснения и устранения причин вызвавших срабатывание УПС-ТМ.

При возникновении неисправностей в других помещениях вагона сигнал тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ возобновляется.

Перечень характерных неисправностей УПС-ТМ и рекомендации по их устранению

Внешнее проявление неисправности	Вероятная причина	Рекомендации по устранению
1	2	3
Включены звуковой сигнал тревоги НЕИСПРАВНОСТЬ и индикатор желтого свечения «ОБРЫВ» на табло-дисплее ППКП УПС-ТС или индикатор желтого свечения «КЗ»	Отсоединение пожарного извещателя. Отсоединение проводов линий связи от клеммных винтов в розетке пожарного извещателя или в кассете ППКП УПС-ТМ, или замыкание их между собой	По табло-дисплею ППКП УПС-ТМ определить помещение вагона, в котором обнаружена неисправность, открыть доступ к пожарному извещателю и проверить надежность его установки и крепления. Снять пожарный извещатель, предварительно отжав

1	2	3
		фиксатор выталкивателя и повернув его против часовой стрелки. Проверить надежность крепления проводов линии связи под клеммные винты розетки и целостность резистора. При исправных цепях в розетке, отключить питание УПС-ТМ, снять ППКП УПС-ТМ и проверить надежность крепления проводов линий связи к клеммным винтам в кассете. При отсутствии видимых нарушений произвести проверку целостности и отсутствия КЗ в проводке линий связи с помощью омметра
При подаче питания на УПС-ТМ нет контрольного прохождения звуковых и световых сигналов. Единичный индикатор зеленого свечения на ППКП УПС-ТМ включен	Неисправен модуль обработки сигналов МОС или модуль сигнализации МС в ППКП УПС-ТМ	Заменить модуль МОС на заведомо исправный. При отсутствии звуковых сигналов, дополнительно произвести замену модуля МОС
При подаче питания на ППКП УПС-ТМ не включается единичный индикатор зеленого свечения и нет контрольного прохождения звуковых и световых сигналов	Неисправность в цепях первичного электропитания ППКП УПС-ТМ	Проверить наличие первичного электропитания между клеммами «*51*» и «*52*» кассеты ППКП УПС-ТМ

Пожарная сигнализация рефрижераторных секций ZB-5

На рефрижераторной секции ZB-5 имеются устройства, сигнализирующие о повышении температуры у датчиков вагона-дизель-электростанции (пожарная сигнализация), об откры-

вании дверей грузовых вагонов (охранная сигнализация), о нагреве букс колесных пар (сигнализация контроля нагрева букс), о целостности электрических междувагонных соединений (междувагонная сигнализация), о нарушении режимов работы дизелей *1, 2, 3*, генераторов *1, 2* (дизель-генераторная сигнализация), о чрезмерном понижении температуры воды в системе отопления вагона-дизель-электростанции (сигнализация от замерзания воды) и о неисправностях в работе холодильно-нагревательных установок (сигнализация установок).

Схема пожарной сигнализации (рис. 6.20) объединяет восемь полупроводниковых последовательно соединенных датчиков *4В201-4В208,* выключатели *S01, S05,* сирену *Н03*, магнитный

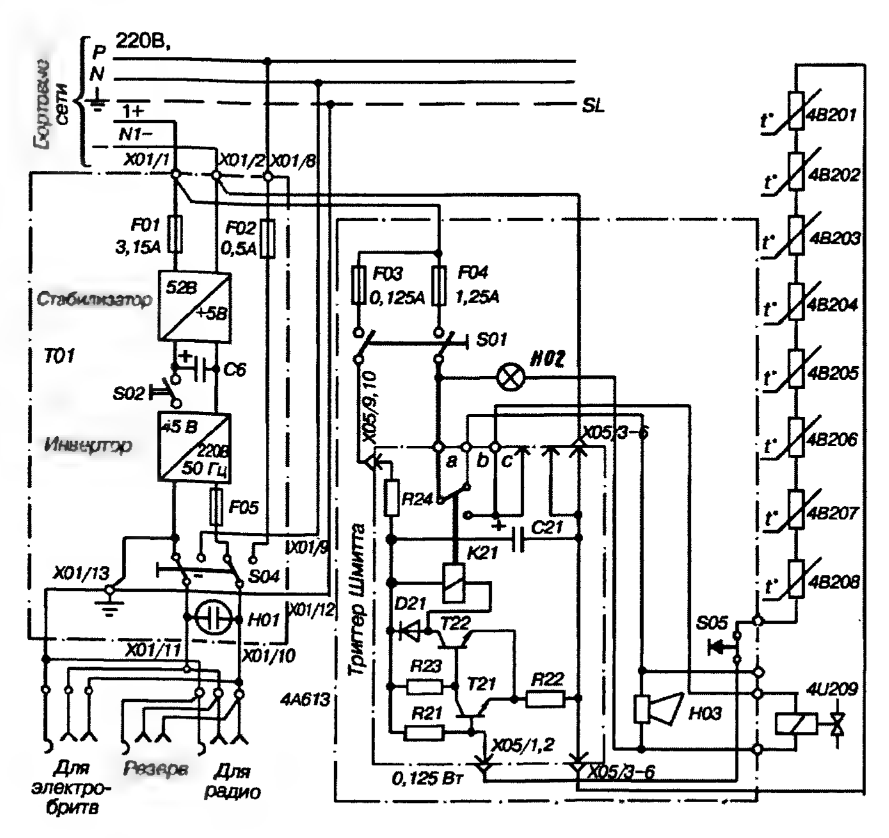


Рис. 6.20. Схема пожарной сигнализации ZB-5

вентиль *4V209*, реле *K21* и триггерный блок на транзисторах *T21, T22* и диоде *D21* (прибор *4A613*). Датчики расположены: *4B201* — над дизель-генератором 2; *4B202* — над вспомогательным дизель-генератором; *4B203* — над дизель-генератором 1; *4B204* — над главным распределительным щитом; *4B205* — над кухонной плитой; *4B206* — над котлом отопления; *4B207* — в спальном купе; *4B208* — в салоне.

Все полупроводниковые датчики одинаковы. Они обладают положительным температурным коэффициентом, резко (скачкообразно) увеличивая свое сопротивление (от 70–100 до 2800–4000 Ом) при температуре около 90°C. Так как все датчики соединены последовательно, то прибор *4A613* срабатывает при достижении температуры у одного из восьми датчиков примерно при 80°C.

Если температура каждого датчика не достигает порогового значения, то реле *K21* находится во включенном состоянии, а его контакты отключают сирену *H03* и включают магнитный вентиль *4V209*, открывая проход жидкого топлива к котлу отопления и кухонной плите. При повышении температуры любого датчика до порогового значения сопротивление общей цепи резко и скачкообразно увеличивается, что приводит к увеличению базисного потенциала транзистора *T21*. В результате падения напряжения на резисторе *R22* транзистор *T21* открывается, коллекторный ток через резистор *R23* уменьшает потенциал на базе транзистора *T22* и последний запирается. Одновременно повышается потенциал эмиттера, определяемый падением напряжения на общем резисторе *R23*, так как через него проходят токи обоих коллекторов.

Вследствие запирания транзистора *T22* катушка реле *K21* обесточивается, переключая свои контакты в нижнее положение и подавая питание к сирене *H03*. Последняя начинает работать. Одновременно магнитный вентиль *4V209* обесточивается, проход жидкого топлива прекращается. Диод *D21* защищает транзистор *T22* от токов самоиндукции, возникающих при срабатывании реле *K21*. Прибор *4A613* пожарной сигнализации имеет общий выключатель *501*, предохранители *P03, F04*, сигнальную лампу *H02*, выключатель датчиков *S05*. Опрокидывающийся триггер подключается через штепсельный разъем *X05*. Резистор *R24* и конденсатор *C21* имеют функциональное назначение, улучшая работу триггера. Схема пожарной сигнализации пита-

ется постоянным током (~52 В) через зажимы *X01/1, X01/2* от шины постоянного тока нерегулируемого напряжения «1+».

От зажимов *X01/1, X01/2* через предохранитель *F01* получает питание стабилизатор постоянного напряжения (52 В/45 В) и инвертор (преобразующий 45 В постоянного тока в 220 В переменного с частотой 50 Гц), к которому через переключатель *504* могут быть подключены три штепсельные розетки (радиоприемник, электробритва, резерв). Эти же розетки могут быть переключены переключателем *504* на питание непосредственно с провода *P* от напряжения 220 В, минуя стабилизатор и инвертор (через предохранитель *F02*). Между стабилизатором и инвертором имеется дополнительный выключатель *502*, а также конденсатор *C6* на 1000 мкФ. На выходе инвертора включена сигнальная лампа *H01*. Панель *T01* имеет ряд других переходных зажимов (*X01/8–X01/1Э*), с помощью которых производится соединение элементов схемы с проводами *N, SL*. Стабилизатор имеет мощность 70 В·А, поэтому к нему, кроме электробритвы и радиоприемника, нельзя подключать другие потребители. В качестве датчиков *4B201-4B208* применяют полупроводниковые приборы типа МГТ 1С 90°С.

6.7. Схема сигнализации о неисправностях в работе

Охранная сигнализация и сигнализация о нагреве букс объединены одной схемой. Каждый дверной проем грузового вагона имеет свой датчик *(4S861* или *4S862)* (рис. 6.21) — герконовое реле, контакты которого срабатывают от вмонтированных в двери постоянных магнитов. При открывании двери контакты реле размыкаются.

Между дверными датчиками *4S861* и *4S862* последовательно на каждом вагоне включены датчики букс колесных пар (условно показан один датчик). На вагоне-дизель-электростанции датчики *4S861* и *4S862* отсутствуют. Питание схемы производится от шины «1 +» через предохранитель *4F1051* и выключатель *4S823*, о включенном положении которого сигнализирует зеленая контрольная лампа *4H835* (вместе с резистором *4R829*).

При разрыве цепи питания любого реле *4K847-4K851* в результате открывания дверей (размыкаются датчики *4S861, 4S862*) или нагрева букс (разрывается цепь датчиков) включается общее реле *4K852*, загорается одна из контрольных ламп *4H836-4H840*,

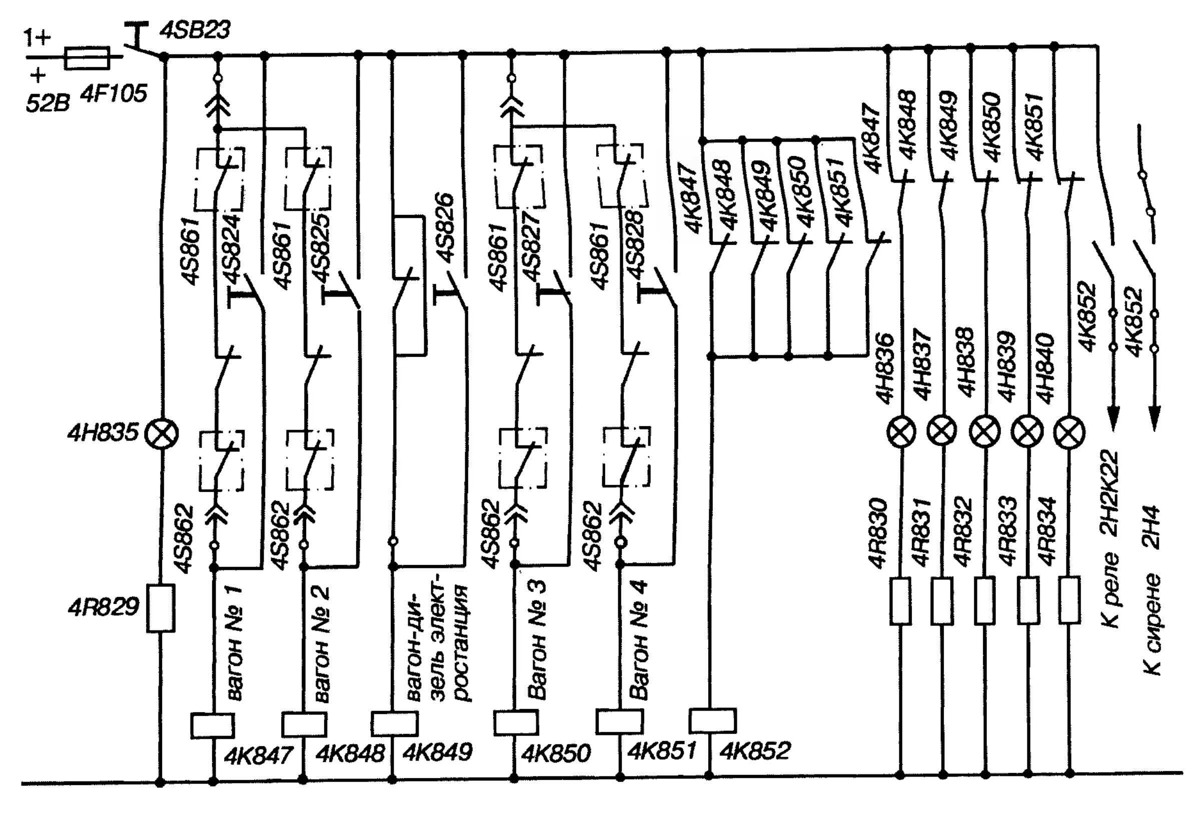


Рис. 6.21. Схема охранной сигнализации

включенных через резисторы *4R830-4R834*, и замыкается цепь подачи напряжения к реле сигнализации *2U2K22* и сирене *2H4*. Сигнализацию каждого вагона можно отключить переключателями *4S824-4S828*, шунтирующими соответствующую группу датчиков (включаются реле *4K847-4K851*). Схема собирается в единое целое с помощью штепсельных разъемов.

Междувагонная сигнализация объединяет мостовую схему из резисторов *4R802-4R805* (см. рис. 161) и реле *4K801* в диагональной ветви. Одна точка моста разорвана и искусственно удалена к вагонам № 1 и 4 через междувагонные соединения и линию управления (провода *34, 35*). На этих вагонах обе ветви точки соединяются с общим проводом *26*, образуя замкнутую схему моста. Сигнализация включается в действие выключателем *4S819*. Загорается сигнал — зеленая лампа *4H810*, находящаяся на щите в вагоне-дизель-электростанции.

При снятии междувагонного кабеля равновесие моста нарушается, срабатывает реле *4K801* и загорается красная сигнальная лампа *4H809*. Одновременно включается реле *2U2K22*, подающее питание к звуковой сирене.

Схема дизель-генераторной сигнализации, сигнализации от замерзания воды и сигнализации работы установок (рис. 6.22). Она включает в себя стоп-установки *1P2.1K2* для первого дизеля и *1P2.2K2* для второго дизеля (срабатывают при перегреве охлаждающей воды и недопустимом падении давления масла), реле *2U2K22*, контактор *2U2K1* для первого генератора, реле *2U2K5*, контактор *2U2K4* для второго генератора (срабатывают при перегрузке, коротком замыкании генератора и перегреве его обмотки), стоп-установку *1P2.3K1* для вспомогательного дизеля (срабатывает при перегреве и падении давления масла), термостат системы водяного отопления вагона-электростанции *2B2* (срабатывает при понижении температуры воды в системе отопления ниже 8°С), термостаты *2B3, 2B4* охладителей первого и второго дизелей (срабатывают при понижении температуры в системе охлаждения ниже 8°С), разъемы *2X16* (грузовые вагоны № 1 и 2), *2X15* (грузовые вагоны № 3 и 4), к которым подключается цепь сигнализации грузовых вагонов (срабатывают при аварийных режимах холодильно-отопительных установок) и реле *4K801, 4K852* (срабатывают при разрыве или разъединении магистрали управления, открывании дверей и нагреве букс). Комбинация замыкающего контакта реле *2U2K2* (*2U2K5*) и раз-

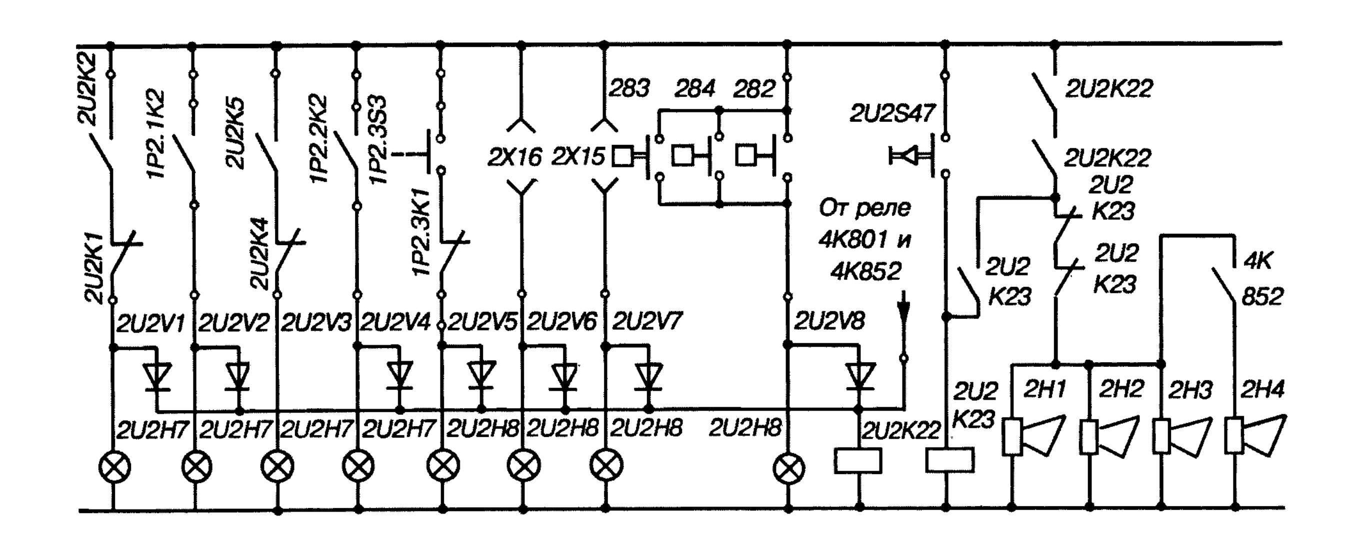


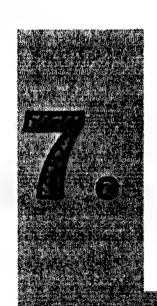
Рис. 6.22. Схема сигнализации дизель-генераторов, холодильных установок и охлаждения воды

мыкающего контакта контактора *2U2K1* (*2U2K4*) обеспечивает действие сигнализации первого или второго генератора только после его подключения (сработало и осталось в положении самоблокировки реле *2U2K2* или *2U2K5*) и последующего отключения контактора *2U2K1* вследствие срабатывания защиты по перегреву обмоток, перегрузке или короткому замыканию генератора. В цепи стоп-установки вспомогательного дизеля имеется выключатель *1P2.3S3*, которым можно выключить действие сигнализации. Элементы сигнализации защищены от помех взаимного влияния включением в их цепи диодов *2U2V1-2U2V8*. В результате этого на щите загорается только одна лампа *2U2H7-2U2H8*, относящаяся к сработавшей цепи сигнализации. Цепь сигнализации от реле *4K801*, *4K852* сигнальной лампы не имеет.

При срабатывании любой цепи сигнализации получает питание катушка реле *2U2K22* (с шины *6+01* или от реле *4K801, 4K852)* и начинают работать сирены, установленные в служебном *(2H1)* и дизельном *(2H2)* отделениях, а также в кабине управления *(2H3)*. Нажатием на кнопку *2U2S47* можно прервать работу сирен. Реле *2U2K23* в этом случае удерживается во включенном состоянии своим замыкающим блокировочным контактом и таким же контактом реле *2U2K22*. Когда появившаяся неисправность устранена, реле *2U2K22* отключается и прерывает цепь питания реле *2U2K23*, после чего схема готова к приему нового сигнала.

Сигнализация от открывания дверей грузовых вагонов, нагрева букс дополнительно обеспечивается работой сирены *2H4*, включаемой реле *4K852* и установленной снаружи торцовой стены вагона-дизель-электростанции.

Если сигнализация помех указывает на срабатывание защиты в грузовых вагонах (№ 1, 2 или № 3, 4), то вначале необходимо определить, в каком вагоне появилась неисправность. Для этого выборочным пакетным переключателем поочередно подключают вагоны и наблюдают за сигнальными лампами холодильно-нагревательных установок. Загорание ламп и положение выборочного переключателя указывают на номер вагона, в котором сработала защита.



7. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ВАГОНАХ

7.1. Системы передачи и распределения электроэнергии в вагонах

На пассажирских вагонах применяют двухпроводную систему передачи электрической энергии (рис. 7.1, *а*). Электрическая энергия от генератора *G* и аккумуляторной батареи *АБ* подается к центральному распределительному устройству *РУ* и далее к потребителям (лампы *Л* и электродвигатели *М*). Для повышения надежности работы системы защита генератора и аккумуляторной батареи осуществляется как в плюсовой, так и в минусовой цепях. Кроме того, должен быть обеспечен надежный электрический контакт между отдельными участками электрической сети во избежание перегрева мест электрических соединений.

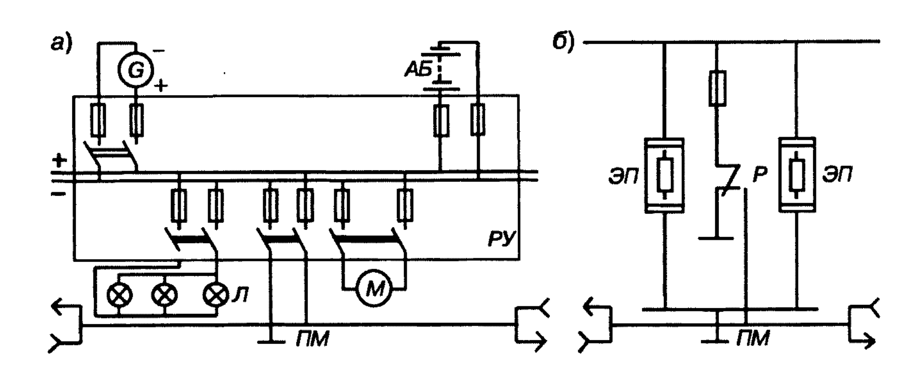


Рис. 7.1. Системы передачи электроэнергии на пассажирских вагонах

Системы передачи электроэнергии на пассажирских вагонах. Междувагонная магистраль ПМ (подвагонная магистраль) выполняется однопроводной, поэтому при подаче электрической энергии от распределительного устройства по междувагонной магистрали к соседнему вагону минусовая цепь вагонной сети соединяется с корпусом вагона. Следует отметить, что передача электроэнергии по электромагистрали в другие вагоны, кроме соседних, не допускается. В этом случае ток проходит частично по рельсам и, при значительном расстоянии от источника до потребителей, в других вагонах и повышенных токах утечки через изоляцию электромагистрали могут создаваться условия, вызывающие нарушения работы устройств железнодорожной автоблокировки. Достоинством двухпроводной системы является то, что она не выходит из строя при замыкании одного из проводов на корпус вагона. Кроме того, применение ее снижает уровень радиопомех и электромагнитных полей вокруг проводников с током, так как прямой и обратный провода обычно проходят на небольшом расстоянии друг от друга и электромагнитные поля, создаваемые токами этих проводов, частично компенсируются. В вагонах с высоковольтным отоплением передача электроэнергии от локомотива осуществляется по однопроводной магистрали напряжением 3000 В (рис. 7.1, *б*); обратным проводом служат корпус вагона и рельсы. Разводка проводов по электронагревательным устройствам *ЭП* выполнена по двухпроводной системе. Разъединитель *Р* в отключенном положении соединяет все высоковольтные цепи (за исключением магистрали) вагона с корпусом, в результате чего обеспечивается электробезопасность для обслуживающего персонала. Однако при такой системе необходимо принимать специальные меры для осуществления надежного электрического контакта между отдельными частями корпуса вагона и предотвращения прохождения тока через роликовые буксы (применять шунты, скользящие контакты и пр.). В поездах с централизованным электроснабжением питание электрических потребителей вагонов трехфазным переменным током от вагона-электростанции выполняют по четырехпроводной системе с заземленной нейтралью. Достоинством такой системы является возможность включить потребители как на фазное, так и на линейное напряжение генератора. Кроме того, такая система менее опасна для обслуживающего персонала, так как между

токоведущими проводами и корпусом вагона действует фазное, а не линейное напряжение.

7.2. Электрические магистрали пассажирских вагонов

В соответствии с принятой системой электроснабжения вдоль проезда могут быть проложены следующие виды электромагистралей (рис. 7.2): низковольтная постоянного тока с номинальным напряжением 50 или 110 В, трехфазная напряжением 220–380 В, высоковольтная напряжением 3000 В, радиотрансляционная напряжением 30 В, магистраль электропневматического тормоза и телефонная линия.

Высоковольтную и низковольтную магистрали выполняют однопроводными (обратным проводом является корпус вагона и рельсы), их прокладывают под кузовом вагона. Магистраль электропневматического тормоза является двухпроводной и так-

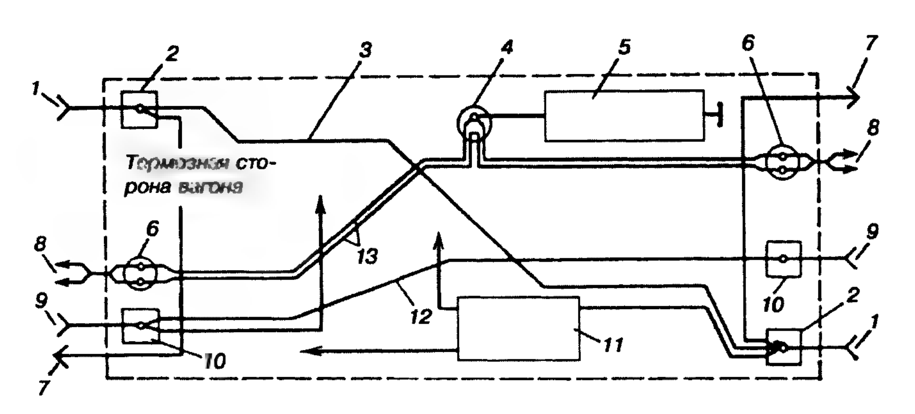


Рис. 7.2. Принципиальная схема подвагонных электромагистралей вагонов с системой электроснабжения ЭВ-10:

1 — розетки высоковольтной магистрали; *2, 6, 10* — концевые подвагонные коробки; *3* — высоковольтная магистраль; *4* — распределительная коробка; *5* — электровоздухораспределитель; *7* — штепсель высоковольтной электромагистрали; *8* — контакты соединительного рукава магистрали электропневматического тормоза; *9* — комбинированный штепсельный разъем низковольтной магистрали; *11* — ящик с высоковольтной аппаратурой; *12* — низковольтная магистраль; *13* — магистраль электропневматического тормоза

же проложена под кузовом вагона: по одному проводу подается питание к электровоздухораспределителям, другой провод (контрольный) служит для проверки целостности цепи электропневматического тормоза, обратным проводом является корпус вагона. Радиотрансляционная магистраль двухпроводная, она проложена внутри вагона. Низковольтную магистраль используют на вагонах с автономной системой электроснабжения для аварийного питания вагонных потребителей от источников электрической энергии соседних вагонов. Магистраль выполняют из провода сечением 25–35 мм^2 и прокладывают под кузовом вагона в стальных трубах. С торцовых сторон на раме вагона устанавливают концевые коробки *4* (рис. 7.3), с помощью которых

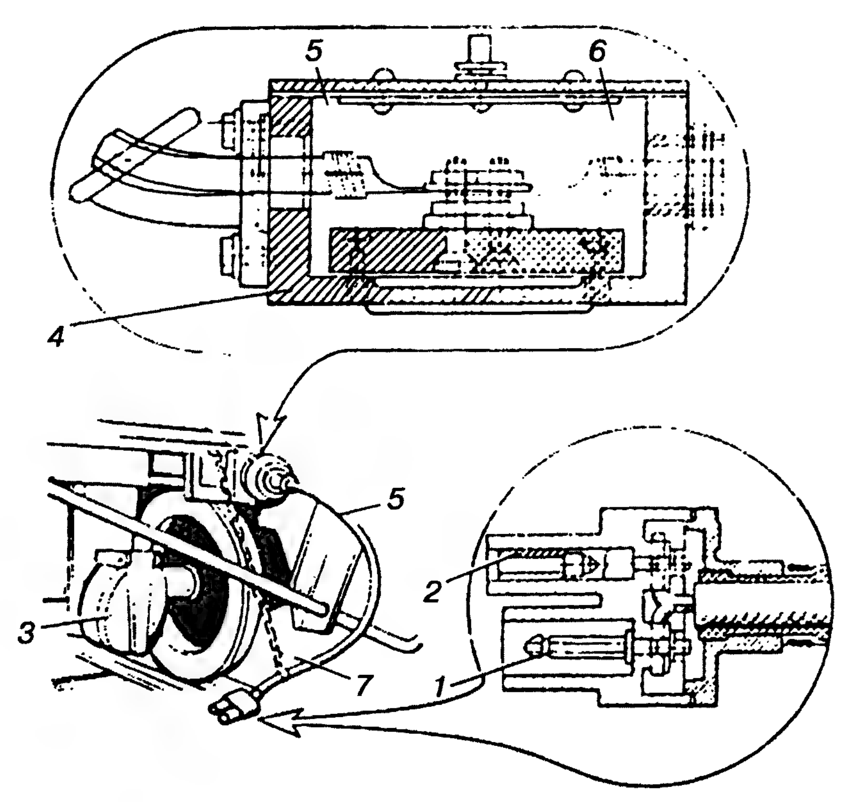


Рис. 7.3. Междувагонное соединение низковольтной электромагистрали

провода *6* электромагистрали соединяются с проводом *5* междувагонного соединения, которое выполняют из гибкого многожильного провода, заключенного в брезентовый чехол. На конце провода устанавливают головку *8*, представляющую собой комбинированный разъем с вилкой и гнездом *2*. Междувагонные соединения подвешивают на цепочках *7*, чтобы во время движения они не касались рельсов и не разбивались. Нормальное положение подвагонной магистрали отключенное. В этом положении головки междувагонных соединений находятся в специальных холостых концевых приемниках *3*, а электрические потребители в вагоне питаются от своих источников электроэнергии. Наличие напряжения на подвагонной магистрали контролируется сигнальной лампой.

Трехфазную электромагистраль прокладывают на поездах с централизованным электроснабжением для питания пассажирских вагонов от вагона-электростанции. Магистраль выполнена в виде двух трехфазных проводов с изоляцией, рассчитанной на 1000 или 3000 В, заключенных в сварном металлическом коробе. Общее поперечное сечение каждой фазы 2×185 мм^2. Для присоединения междувагонных соединений на концевой балке вагона-электростанции и на пассажирских вагонах установлены розетки и холостой приемник. Розетка соединяется с магистралью через разветвительную коробку (рис. 7.4). Кроме того, на торцовой части каждого вагона имеется по одной штепсельной вилке, соединенной с подвагонной магистралью. Вилка укреплена на гибком шланге, что позволяет присоединять ее к розетке соседнего вагона или при разъединенной магистрали устанавливать в холостом приемнике. Таким образом имеет место двойное соединение электромагистрали с каждой стороны вагона, что позволяет уменьшить сечения проводов междувагонного соединения (т.е. облегчает его обслуживание) и повышает надежность электроснабжения вагонов. Гнезда в розетке и контакты в штепсельной вилке расположены так, что при включенном междувагонном соединении обеспечивается присоединение фаз *А*, *В*, *С* трехфазной сети соседних вагонов, нулевого провода *О*, соединенного с корпусами вагонов, низковольтной *И* магистрали 50 В и цепей безопасности (контакты *М*).

Последние предназначены для отключения автоматического выключателя вагона-электростанции, когда хотя бы одно штепсельное соединение в пассажирских вагонах разъединяется или

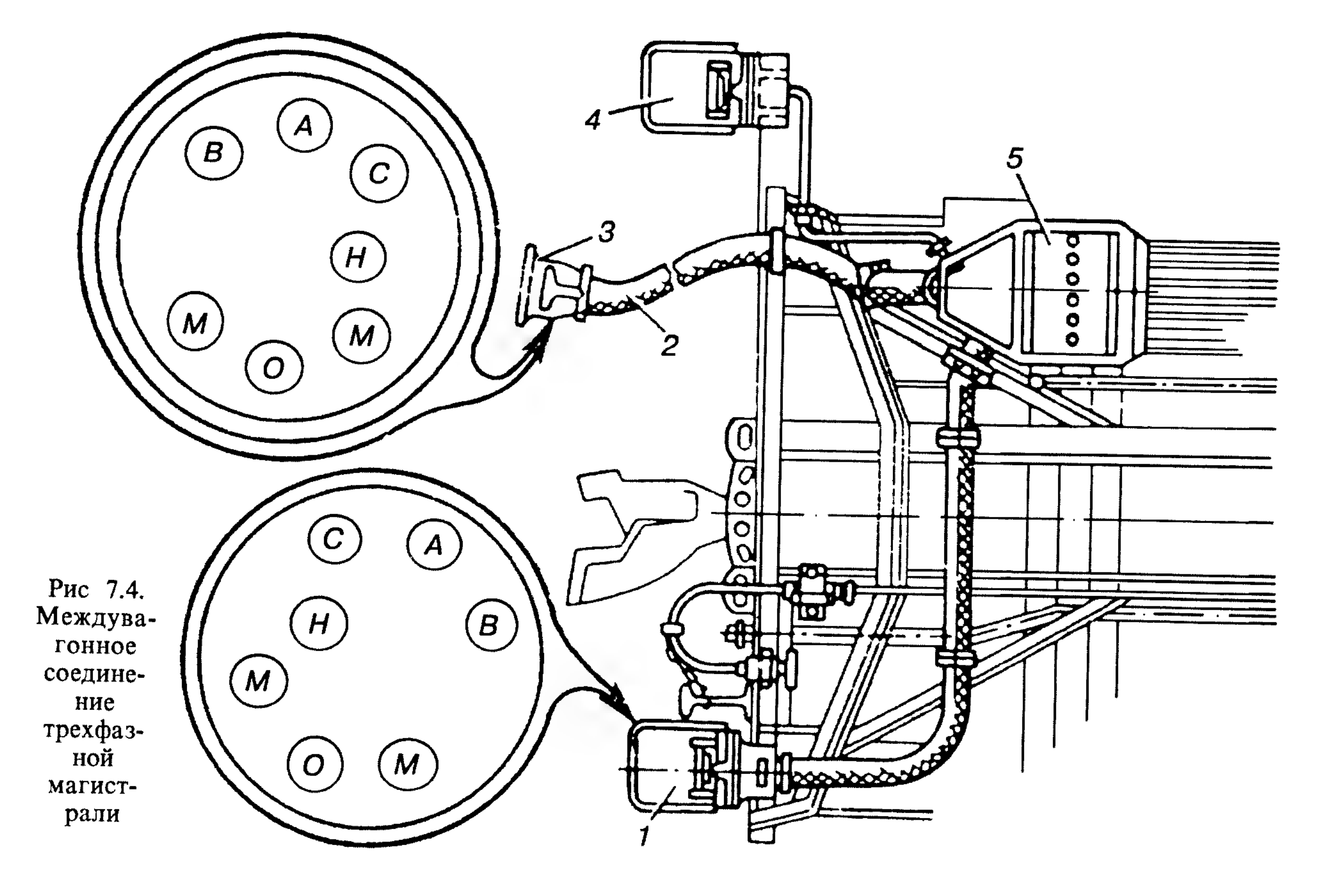


Рис 7.4. Междувагонное соединение трехфазной магистрали

открывается крышка розетки. Это необходимо по условиям техники безопасности. Если в каком-либо штепсельном соединении произойдет разрыв цепи безопасности, срабатывает промежуточное реле и его контакты подают питание на отключающую катушку автоматического выключателя вагона-электростанции. В результате трехфазная электромагистраль отключается от шин распределительного устройства вагона-электростанции.

Высоковольтная магистраль предназначена для питания электрического отопления вагонов и для электроснабжения вагонов, оборудованных высоковольтными статическими преобразователями типа «Сименс». Она рассчитана на длительную эксплуатацию при номинальном напряжении 3000 В постоянного или переменного тока и на передачу мощности 1600 кВт +5% при температуре +15°С. Электрическая магистраль состоит из двух проводов сечением 95 мм², проложенных параллельно в алюминиевых трубах. На вагонах отечественной постройки применяют кабель типа КПСРВМ ТУ16. 705. 465-87.

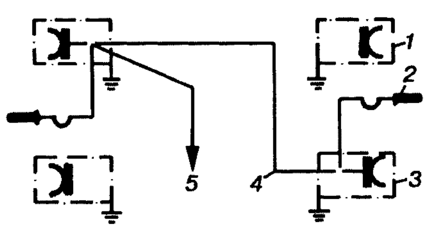


Рис. 7.5. Электрическая схема высоковольтной поездной магистрали

Высоковольтная магистраль состоит из провода *4* (рис. 7.5) и межвагонных высоковольтных электрических соединений, содержащих соединительные розетки *3*, штепсели с междувагонным кабелем *2* и холостые розетки. Внутри соединительных розеток к контактным зажимам присоединяются концы магистрального провода и межвагонного кабеля. К контактному зажиму одной из розеток присоединен питающий провод *5* вагона. Магистральный провод и межвагонный кабель имеют сечения 95 мм² на вагонах внутреннего сообщения и сечения 2×185 мм² на вагонах габарита РИЦ российского сообщения. Питающий провод вагона имеет сечение 10 мм². Межвагонный кабель представляет собой гибкую токопроводящую жилу, покрытую изоляционной оболочкой из специальной резины. Сверху изоляционной оболочки расположен медный экран сечением 25 мм² для заземления, закрытый снаружи маслостойкой огнеупорной оболочкой. Между изоляционной оболочкой и экраном уложена тканевая лента. Расположение узлов высо-

ковольтной поездной магистрали под вагоном показано на рис. 7.6. Магистральный провод *2* проложен в защитной алюминиевой трубе *14* с наружным диаметром 47 мм и толщиной стенки 3 мм. Наименьшие радиусы изгибов труб выбираются равными по меньшей мере четырехкратному диаметру трубопровода. Внутренняя поверхность трубы выполнена гладкой для исключения повреждения изоляции провода. Протягивают магистральный провод в алюминиевую трубу с использованием талька и вазелина. Соединяются алюминиевые трубы между собой при помощи нарезных муфт *4* и колец *3*. Для крепления труб под рамой вагона применяют хомуты с двумя накладками. Расстояние между отдельными хомутами выбирается так, чтобы обеспечить крепление алюминиевых труб по возможности без колебаний и вибраций. Соединение алюминиевой трубы с патрубком *8*, который ввинчивается в розетку *9*, осуществляется с помощью резиновой манжеты *10*, которую обхватывают две зажимные скобы из алюминия. Это эластичное соединение компенсирует незначительное изменение длины алюминиевой трубы при изменениях температуры наружного воздуха. Аналогичным способом осуществляется соединение трубы, в которой проложен межвагонный кабель со штепселем *7*, розеткой и кронштейном *5* для крепления межвагонного кабеля.

В торцовых частях кузова вагона имеются межвагонные соединения, состоящие из розетки, штепселя с кабелем и холостого приемника; эти элементы расположены также, как и в трехфазной электромагистрали. В торцовых частях кузова вагона имеются межвагонные соединения, состоящие из соединительной розетки, штепселя с кабелем и холостой (глухой) розетки.

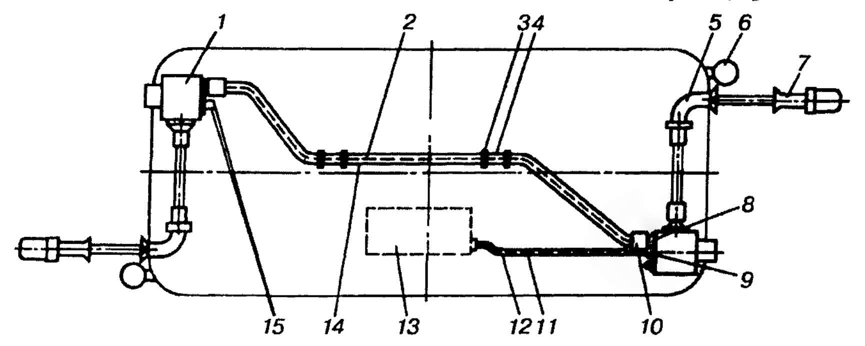


Рис. 7.6. Расположение подвагонной высоковольтной магистрали

Соединительная розетка (рис. 7.7) состоит из трех частей: блокировочного устройства *1*, электрической вставки *2*, корпуса *3*.

Для ввода проводов на внутренней стороне имеется воронкообразный фланец *4*, а на задней стенке имеются два отверстия с резьбой. Крышка *5* с резиновой прокладкой *7* закрывает корпус и соединяется с защитным заземлением через шайбы *6*.

Электрическая вставка состоит из зажимного соединения *12* с двумя нажимными деталями *9*, на которых нарезные шпильки *11* предохраняют провода от выскальзывания из зажимов. Для подключения ответвления для отопительного устройства, на зажимном соединении предусмотрен кабельный наконечник *10* сечением 10 мм^2. Зажим при помощи конуса напрессован на контакт *13* и закреплен гайкой. На пружинном гильзовом контакте для увеличения контактного усилия расположены натяжные пружины *14*. Гильзовый контакт находится в изоляционной розетке *15* из усиленного стекловолокном фенопласта. Электрическая вставка находится в корпусе с блокировочным устройством. Блокировочное устройство состоит из крышки замка *19* с поворотной пружиной *16* для самостоятельного закрывания, задвижки *17*, болта *18* с пазами соответственно положениям блокировки и запорной крышки *22* с кулачком *21* для предохранения вставленного соединительного штепселя. Соединительная розетка закрывается запорной крышкой и уплотняется уплотнительным кольцом *20*, установленным по периметру корпуса.

Глухая розетка состоит из корпуса *1* со спиральными выемками для подвешивания соединительного штепселя (рис. 7.8).

Для изоляции подвешенного штепселя в корпусе имеется подвижная изоляционная втулка *4* с дополнительной уплотнительной манжетой *3*. Нажимная пружина *2* нажимает на изоляционную втулку так, что концевая часть соединительного штепселя уплотняется. Одновременно втулка блокируется с помощью соответствующих пазов. Блокировка состоит из задвижки *5*, валика *8*, с блокировочными пазами и из крышки замка *6* с откидной крышкой *7*. Запорная крышка *9* неподвижно соединена с блокировочным валиком при помощи цилиндрических штифтов *10*. Находящаяся на валике поворотная пружина *11* обеспечивает самостоятельное отдавливание крышки к отверстию корпуса. Для обеспечения закрытого положения в деблокированном состоянии на задней стенке корпуса установлена

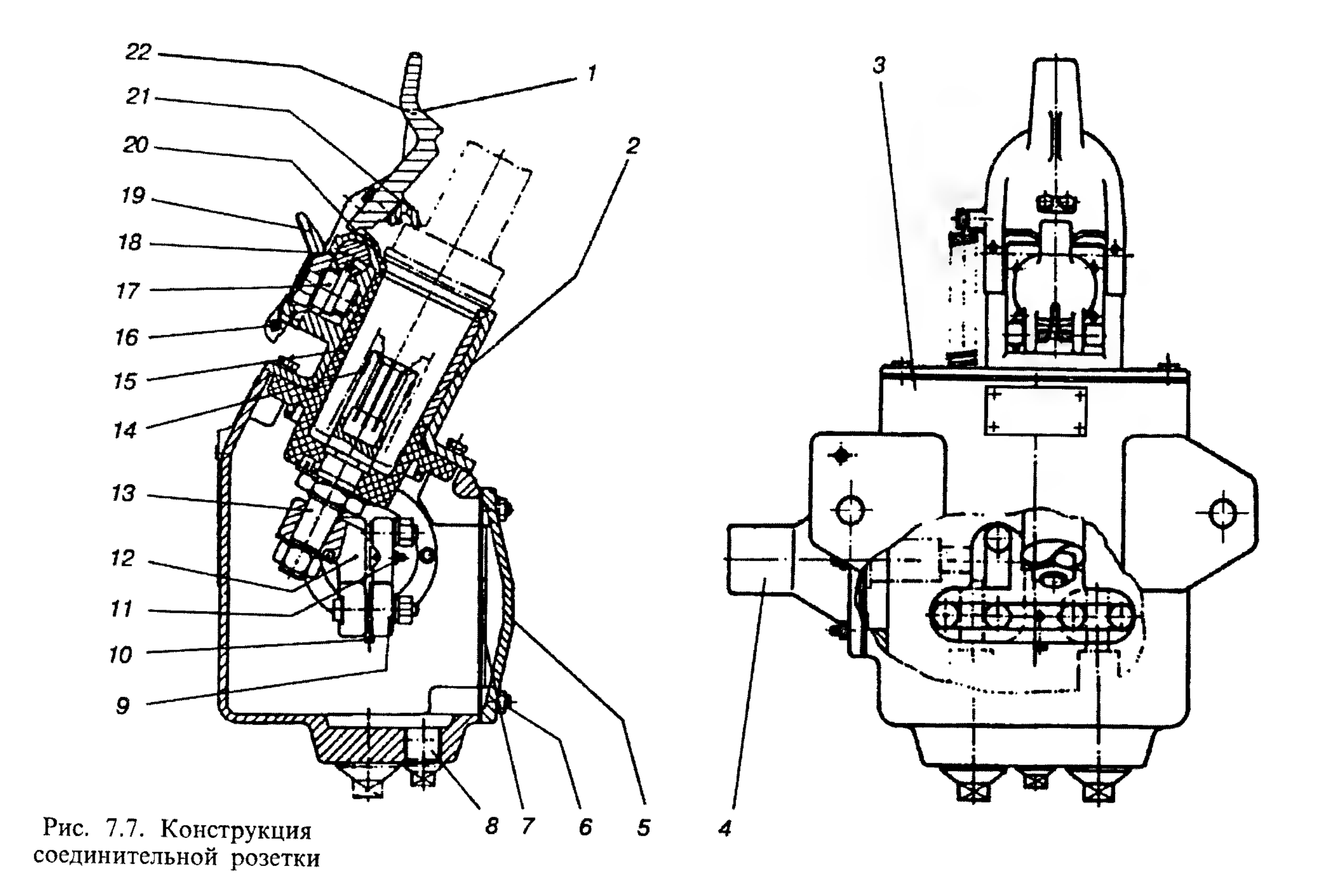


Рис. 7.7. Конструкция соединительной розетки

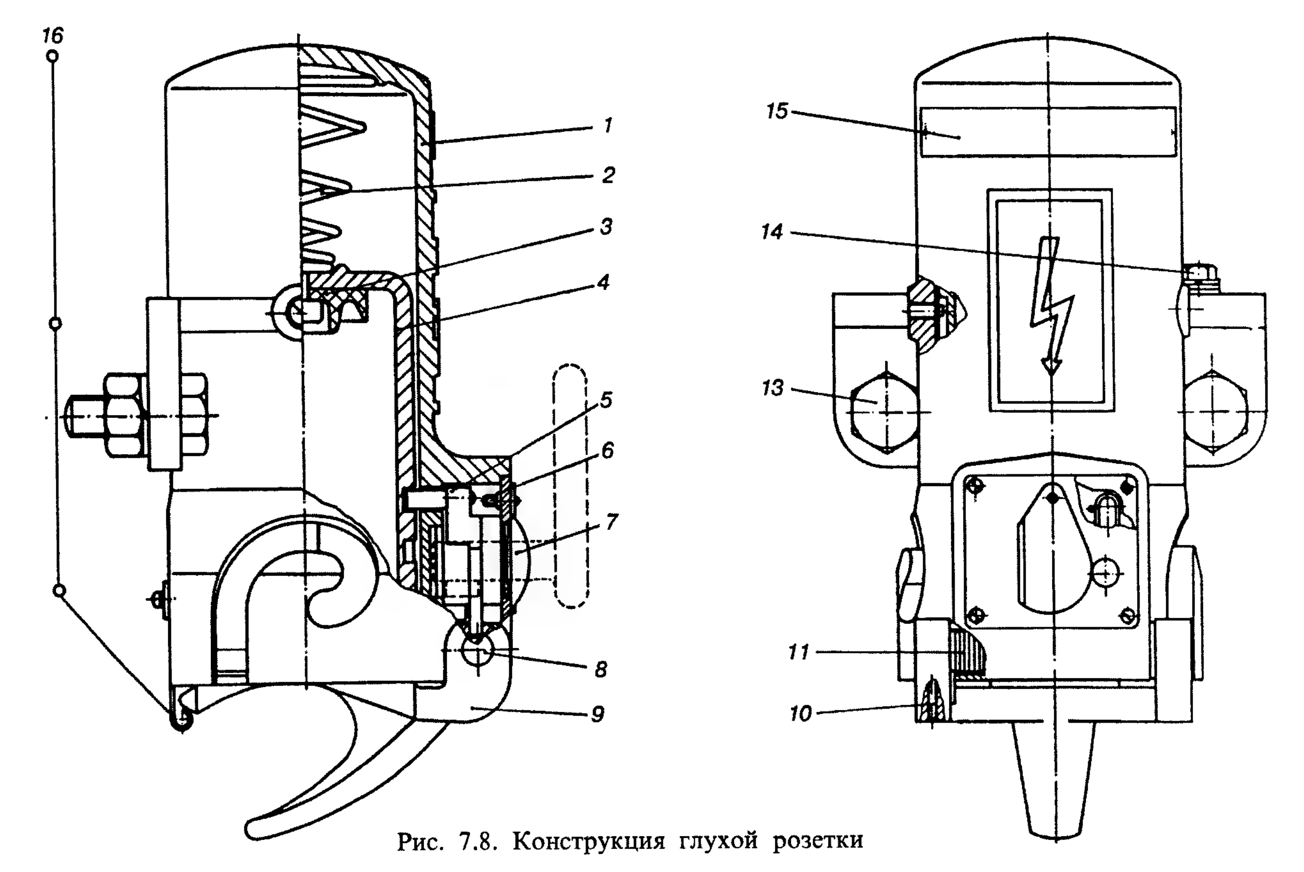


Рис. 7.8. Конструкция глухой розетки

пластинчатая пружина *16*, прижимающая запорную крышку с уплотнением к вставленной изоляционной втулке.

Фланец с двумя сквозными отверстиями служит для крепления глухой розетки на стене вагона. Для присоединения защитного заземления фланец имеет заземлительный болт.

Соединительный штепсель (см. рис. 7.7) состоит из штепсельного контакта *11* с вклепанной головкой *12* и окружающей его изоляционной втулки *1*, предохраняющей от прикосновения, и навинченной рукоятки *2*. Изолирующая втулка и рукоятка защищаются от самопроизвольного отвинчивания двумя шпильками *3* с резьбой. Со стороны штепселя напаян экран для заземления на коническом зажимном кольце *6*. Благодаря уплотнительному кольцу *7* достигается надежное соединение между зажимным кольцом и рукояткой. Устойчивая к высокому напряжению битумная заливочная масса *8* образует изоляцию запаянного в штепсельном контакте конца провода. Штепсельный контакт прочно привинчен к изолирующей втулке с помощью шлицевой гайки *10* и уплотнительного кольца *9*. Для защиты от загрязнения и повреждений конец ручки соединительного штепселя и место перехода к соединительному кабелю закрыты кожаной манжетой *15*. Пространство под манжетой заполнено ценузилом *14*. Края кожаной манжеты приклеены к соединительному кабелю, обмотаны нитью и закреплены скобой. Свободный конец провода *4* зачищен и облужен. На экране припаяно заземлительное кольцо *5* с четырьмя ушками, с помощью которых осуществляется соединение с корпусом розетки.

Распределение электроэнергии. Электроэнергия, выработанная генератором, поступает сначала к распределительному устройству, а затем от него к отдельным потребителям. На распределительном устройстве сосредоточена коммутационная и защитная аппаратура для управления потребителями и источниками электрической энергии, защиты их от перегрузок и аварийных режимов. На пассажирских вагонах распределительное устройство называют распределительным шкафом или пультом управления. Для удобства обслуживания его устанавливают в служебном купе.

К достоинствам такой системы следует отнести возможность сосредоточить защиту всего электрооборудования вагона и контроль за ним в одном месте, а также удобство проверки элект-

рической сети и отыскания неисправностей. Недостатками такой системы являются: громоздкость центрального распределительного устройства и большая масса электрической сети, особенно при большом числе потребителей. Поэтому на вагонах-электростанциях поездов с централизованным электроснабжением и рефрижераторном подвижном составе, где имеется несколько синхронных генераторов, электрическая энергия распределяется децентрализованно или по смешанной системе. При децентрализованном распределении каждый источник подключается к отдельной секции распределительного щита, от которой питается определенная группа потребителей. При необходимости отдельные секции распределительного щита могут соединяться с помощью переключателя *П*. При смешанной системе кроме главного распределительного щита ГРЩ вагона-электростанции, на котором смонтирована аппаратура управления и защиты генераторов, имеются также вспомогательные щиты ВРЩ. Они служат для распределения электроэнергии, получаемой от главного щита между группами потребителей (холодильные машины, отопление), имеющими несколько отдельных электродвигателей или электрических печей. Электрическая сеть вагона в зависимости от расположения ее в системе электроснабжения подразделяется на питающую и распределительную. Питающая сеть выполняет функции передачи и распределения энергии от источников к распределительному устройству. Распределительная сеть служит для передачи и распределения энергии от этого устройства к потребителям. Участок линии, питающий группу потребителей от распределительного устройства через один аппарат защиты (а также все ответвления к этим потребителям), называется фидером.

7.3. Электрические магистрали рефрижераторного подвижного состава

Электрические линии подразделяют на силовые магистрали и линии управления. По силовым магистралям электрическая энергия подается от генераторов к главным распределительным щитам, от них к вспомогательным, а от вспомогательных щитов потребителям. Для переменного тока, как правило используются четырехжильные кабели (три фазы и нулевой), для по-

стоянного тока — двухжильные. Количество, расположение, длина и сечение силовых магистралей определяются схемой распределения электроэнергии. По проводам и линиям управления осуществляется подача питания для дистанционного включения различных реле, магнитных пускателей, контакторов, соленоидных вентилей и других элементов электрооборудования. Провода управления используются также в цепях автоматики, сигнализации и защиты. Количество проводов в цепях управления и количество самих линии управления зависят от принципиальной схемы и степени автоматизации электрического оборудования. Линии управления отличаются от силовых магистралей значительным количеством проводов с уменьшенным сечением. Провода линии управления в движении могут быть обесточены, провода силовых магистралей постоянно находятся под напряжением. Провода линии контроля температуры используют для подключения датчиков к измерительным схемам. Между вагонами силовые магистрали линии управления связаны специальными электрическими соединениями (рис. 7.9). Силовая магистраль имеет четыре, а линии управления тридцать четыре провода. Групповой разъем, который является основным конструктивным элементом междувагонного соединения, состоит из платы с гнездами (рис. 7.10) и платы со штекерами (рис. 7.11). Плата с гнездами размещена в коробке на вагоне, плата со штекерами — в головке из электрической прессованной пластмассы.

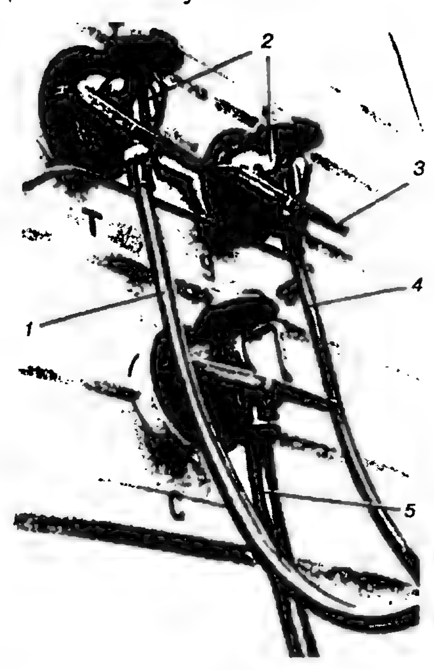


Рис. 7.9. Межвагонные электрические соединения:

1 — линия контроля температуры; *2* — головка; *3* — рычаг; *4* — линия управления; *5* — силовая магистраль

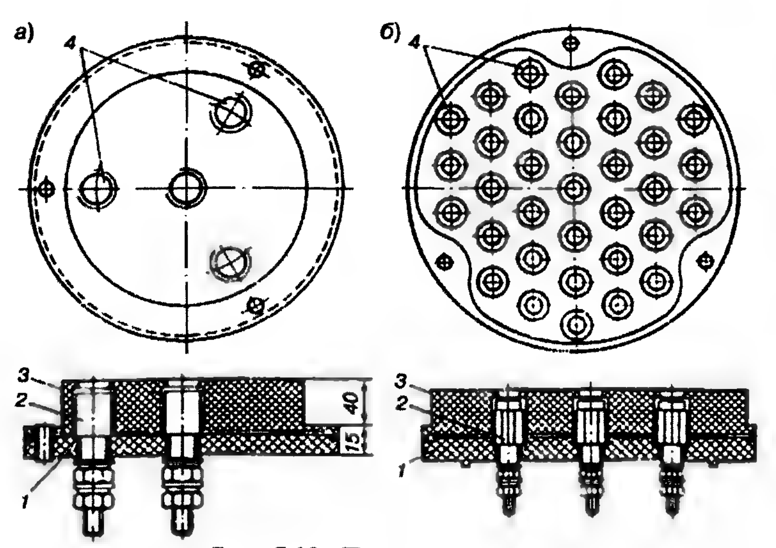


Рис. 7.10. Платы с гнездами:

а — для силовой магистрали; *б* — для линии управления; *1* — внутренняя плата; *2* — зажим с гнездом; *3* — наружная плата; *4* — гнезда

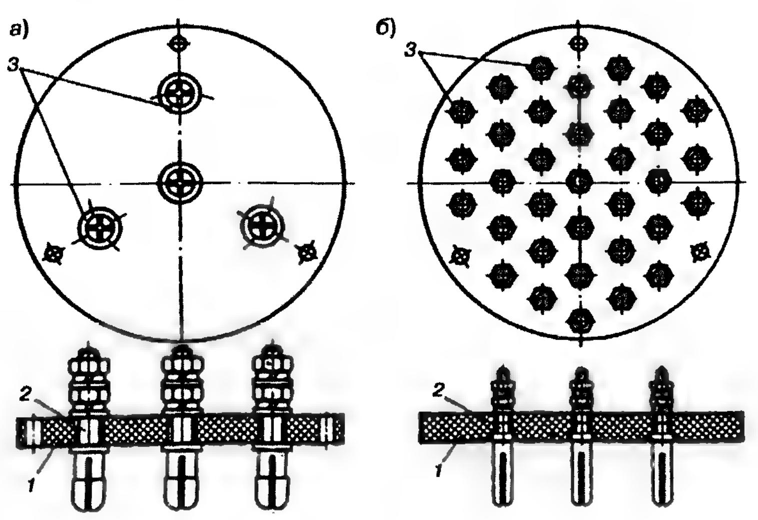


Рис. 7.11. Платы со штекерами:

а — для силовой магистрали; *б* — для линии управления; *1* — плата; *2* — зажим; *3* — штекеры

7.4. Электрические провода и кабели. Расчет проводов

В электрических линиях применяют провода, шнуры и кабели различных марок. К кабельной продукции предъявляются высокие требования пожаробезопасности. Статистические данные о пожарах, происшедших при эксплуатации электрооборудования в России, свидетельствуют о том, что 60% из них приходится на кабельные изделия. Главная причина в том, что кабельные коммуникации имеют значительную протяженность и высокую концентрацию горючих изоляционных материалов, что существенно повышает риск возникновения аварийного режима работы, приводящего к пожару.

Однако, в последние годы требования к пожаробезопасности кабелей стали более жесткими. Сегодня как в зарубежной, так и в отечественной практике выработан комплексный подход к оценке пожаробезопасности кабелей, включающих в себя нераспространение пламени, выделение дыма, коррозионно-активных и токсичных продуктов, в случае воздействия на них открытого пламени, огнестойкость. С учетом характеристик современных полимерных композиций электрические кабели на их основе по степени жесткости требований по показателям пожарной безопасности могут быть разделены на шесть групп. Три группы (1–3) — кабели на основе галогеносодержащих композиций (пластмасс и резин) и три группы (4–6) — кабели на основе не содержащих галогены композиций полимеров и сополимеров (табл. 1).

Таблица 7.1

Группа	Вид кабеля	Полимерные композиции
1	Не распространяющие горение, по нормам для одиночного образца (общепромышленное исполнение)	Галогеносодержащие
2	Не распространяющие горение, в пучках (исполнение «НГ»)	
3	Не распространяющие горение, в пучках, с пониженным дымогазовыделением (исполнение «НД»)	

4	Не распространяющие горение, в пучках, не выделяющие коррозионных газов (исполнение «NC»)	Безгалогеносодержащие
5	Не распространяющие горение, в пучках, с пониженным дымогазовыделением (исполнение «LS») «НДГ»	
6	Кабели, не распространяющие горение, в пучках, с низким дымогазовыделением, огнестойкие (исполнение «FR»)	

Кабели шестой группы должны удовлетворять полному комплексу требований по показателям пожарной безопасности, включая сохранение работоспособности при пожаре в течение нормированного времени.

Современные изоляционные материалы, предлагаемые для изготовления не распространяющей горение, самозатухающей и нагревостойкой кабельно-проводниковой продукции:

1. *Полиэтиленовая изоляция.* Марки композиций: ПЭ 107-61К, 107-62К, 107-63К (термостабилизатор, антипирен).

Свойства: стойкость к термоокислительному старению, самозатухаемость. При выносе из пламени горение прекращается не более чем через 30 с.

Марки композиций: ПЭ 153-72, 153-117 (касполен).

При выносе из пламени горение прекращается сразу.

Температура плавления 106–110°С.

Введение в ПЭ органических перекисей с последующим нагревом или вулканизацией переводит ПЭ из термопластичного состояния в термореактивное, при этом ПЭ не плавится при повышенной температуре и незначительно деформируется при 150°С.

2. *Фторопластовая изоляция* (*политетрафторэтилен*). Используется для изготовления термостойкой кабельно-проводниковой продукции. При температуре 327°С происходит переход из кристаллического состояния (90%) в аморфное (плавление), а при температуре 425°С фторопласт разлагается с выделением токсичных газов.

3. *ПВХ-изоляция.* Смесь поливинилхлоридной смолы с пластификаторами, стабилизаторами и различными добавками. Вве-

дение в ПВХ-пластикат антиоксидантов обеспечивает повышенную нагревостойкость.

Самый простой и дешевый способ придания ПВХ-пластикату повышенной стойкости против горения, введение в него хлорированных парафинов. Введение стабилизаторов (кальция, кадмия, бария, стронция) значительно повышает температуру разложения ПВХ.

Марка ПВХ — пластиката ИТ-105 предназначена для эксплуатации до 105°С.

Продолжительность горения ПВХ-пластиката при выносе из пламени не превышает 60 с.

4. *Резиновая изоляция.* Типы резины:

• РНИ — не распространяющая горение на основе полихлоропрена, температура эксплуатации до 65°С;

• РШН-1, РШН-2 — для оболочек;

• РТСИ-1, повышенной нагревостойкости на основе силоксана, температура эксплуатации 180°С.

5. *Волокнистые наружные покровы, не распространяющие горение.* Негорючий наружный покров состоит из слоя негорючего состава (каменноугольный пек и совал), слоя пряжи из штапелированного стекловолокна, второго слоя негорючего состава и покрытия от слипания витков кабеля.

6. *Стеклослюдинитовая лента «элимакс».* Она используется в производстве огнестойких кабелей, которые смогут сохранять работоспособность во время пожара.

Слюда со стеклотканью склеивается с помощью силиконовой смолы, что дает электрическую прочность изоляции.

При высоких температурах стеклоткань разрушается, однако образующийся в этих условиях неорганический полимер удерживает слюдяной барьер, что позволяет эксплуатировать кабель до окончательного тушения пожара.

Кабельные изделия, не содержащие галогенов, прежде всего не должны выделять в процессе горения токсичных и коррозийных газов и обладать свойством самозатухания, при отсутствии пламени.

Как известно, выделения галогенов при горении, а это — фтор, хлор, бром, иод, астат, очень токсичны и приводят к поражению людей, а также к выходу из строя аппаратуры и приборов, поэтому применение безгалогенных кабелей гарантирует малое и нетоксичное выделение дыма, что облегчает безопасную

эвакуацию людей, способствует более успешному пожаротушению и значительно упрощает ремонт после пожара.

Безгалогенные композиции могут быть выполнены на основе полиолефинов (полиэтилен, полипропилен) путем дополнения наполнителей (антипиренов), как правило, таких, как мел ($CaCO_2$) — 20–40% от объема, окись магния ($Mg(OH)_2$) — 50–65%, тригидрадокись алюминия ($Al(OH)_3$ — 50–65%.

Марки проводов, применяемых в вагонах

1. *Провод марки ППСВ* применяется для фиксированного монтажа внутри вагона, для монтажа с ограниченной подвижностью внутри вагона, под вагоном и на рамах тележек (при воздействии масел и дизельного топлива, а также при отсутствии этих воздействий) в цепях (если не требуется экранирование) освещения; сигнализации; радиосети; телефона; силовых.

2. *Шнур ШВП* (ГОСТ 7399–80) применяется для фиксированного монтажа и монтажа с ограниченной подвижностью внутри вагонов (при отсутствии воздействия масел и дизельного топлива) в цепях (если не требуется экранирование): сигнализации; радиосети; телефона.

3. *Провод марки ППСРМО* (ТУ 16.705.465-87) применяется для монтажа с ограниченной подвижностью под вагоном и на рамах тележек с вводом в вагон длиной не более 3 м для подключения к пультам, аппаратам и т.п. (при отсутствии воздействия смазочных масел и дизельного топлива) в цепях: силовых; управления*; сигнализации*.

Примечание: * — если не требуется экранирование.

4. *Провод марки ПВ3, ПВ4* (ГОСТ 6323–79) применяется для монтажа с ограниченной подвижностью и фиксированного монтажа внутри вагона, для монтажа с ограниченной подвижностью под вагоном и на рамах тележек (при воздействии смазочных масел и дизельного топлива, а также при отсутствии этих воздействий) в цепях: освещения; силовых; управления; вспомогательных и других, где не требуется экранирование; перемычек заземления.

5. *Провод ППСРВМ* (ТУ 16.705.465-87) применяется для присоединения к подвижным токоприемникам, монтажа с ограниченной подвижностью и фиксированного монтажа** внутри вагона, под вагоном, на рамах тележек и выполнения межва-

гонных соединений (при воздействии смазочных масел и дизельного топлива, а также при отсутствии этих воздействий) в цепях: силовых; управления и вспомогательных, где не требуется экранирование.

Примечание: ** — «фиксированный» монтаж допускается:

а) непосредственно по конструкциям из негорючих и трудновоспламеняемых материалов (при воздействии масел и дизельного топлива, а также при отсутствии этих воздействий);

б) по конструкциям из горючих материалов с подкладкой негорючих теплоизоляционных материалов толщиной не менее 2,8 мм, выступающими с каждой стороны провода не менее, чем на 15 мм (при отсутствии воздействия смазочных масел и дизельного топлива);

в) по конструкциям из горючих материалов с подкладкой негорючих теплоизоляционных материалов толщиной не менее 2,8 мм, армированных металлическим листом толщиной не менее 0,5 мм, выступающими с каждой стороны провода не менее, чем на 15 мм и защищенных металлическим кожухом (коробом) при воздействии смазочных масел и дизельного топлива;

г) в металлических коробах, прокладываемых по конструкциям из негорючих и трудновоспламеняемых материалов, а также с подкладкой из негорючих теплоизоляционных материалов толщиной не менее 2,8 мм по конструкциям из горючих материалов;

д) в лотках, прокладываемых по конструкциям из горючих материалов с прокладкой между ними негорючих теплоизоляционных материалов толщиной не менее 2,8 мм;

е) в лотках, прокладываемых по конструкциям из горючих материалов, на расстоянии не менее 10 мм от них.

6. *Кабель КПСРВМ* (ТУ 16.705.465-87) применяется внутри вагона и под вагоном для присоединения к подвижным токоприемникам и межвагонных соединений, соединений кузов — тележка, для фиксированного монтажа* (например, в электропроводках к электропечам систем отопления вагонов с централизованной системой электроснабжения и т.п.) и монтажа с ограниченной подвижностью при воздействии смазочных масел и дизельного топлива, а также при отсутствии этих воздействий, в цепях: силовых; управления и вспомогательных, где не требуется экранирование и возможно применение кабеля с большим наружным диаметром.

Примечание. * — см. примечание к п. 5.

7. Провод *РПШЭ* (ТУ 16 К 18.001-89) применяется для монтажа с ограниченной подвижностью и фиксированного монтажа внутри вагона и под вагоном** (при отсутствии воздействия смазочных масел и дизельного топлива), преимущественно для прокладки магистралей** в цепях, где требуется экранирование: радиосети; телефона; сигнализации.

Примечание:** — «преимущественно в случаях прокладки магистралей в коробах и кабельных каналах, совместно с проводами и кабелями других цепей.

8. Провода *ПВКВ, РКГМ, РКГМПТ* (ТУ 16 К 80.09-90) применяются для монтажа с ограниченной подвижностью и фиксированного монтажа внутри вагона и под вагоном, при подключении к аппаратам и приборам в зонах с повышенной температурой нагрева в пределах 85–180°С (при отсутствии воздействия агрессивных сред и масел).

9. *Провода ПВВТ, ПВКФ, ПВФС* (ТУ 16 К 80.09-90) — применяются для монтажа с ограниченной подвижностью и фиксированного монтажа внутри вагона и под вагоном, при подключении к аппаратам и приборам, установленным в зонах с повышенной температурой нагрева (в условиях агрессивных сред, масел и дизельного топлива); *провод ПВБТ* до 105°С, а *провода ПВКФ и ПВФС* — до 180°С.

10. *Провод марки ПВЭ* (ГОСТ 17515–72) применяется для фиксированного монтажа и монтажа с ограниченной подвижностью в цепях (где требуется экранирование): радиофикации; сигнализации; связи и управления, а также при прокладке совместно с другими цепями электрооборудования вагонов для исключения наводок.

11. *Провода ПГР и ПГРО* (ТУ 16-705.330-84) *ПГР* применяются для открытой прокладки при отсутствии механических воздействий; провод *ПГРО* — для открытой прокладки и прокладки в трубах.

12. *Провода марки ППСТ и ППСТ-М* (ТУ 16-505.526-73) применяются для фиксированного монтажа и монтажа с ограниченной подвижностью внутри вагона; для монтажа с ограниченной подвижностью под вагоном в силовых цепях при повышенных температурах окружающей среды или подключения к аппаратам, имеющим нагрев свыше 65°С во всем диапазоне температур по ТУ 16-505.526-73, но не выше 180°С.

13. Провода марки *МГШВ* (ТУ 16-505.437-82) сечением 1,0 мм² и 1,5 мм² применяются для монтажа цепей управления статических полупроводниковых преобразователей.

14. Провод марки *ПЩ* (ТУ 16-705.467-87) применяется для выполнения гибких заземляющих и шунтирующих перемычек в системах заземления и электроснабжения вагонов однофазным переменным или постоянным током.

Способы прокладки проводов (табл. 7.2)

Таблица 7.2

Способы прокладки электропроводки	Прокладка по конструкциям		
	из горючих материалов	из трудновоспламеняемых материалов	из негорючих материалов
а) Монтаж проводов и кабелей с ограниченной подвижностью			
Металлические короба, трубы	С подкладкой негорючих материалов 1	Непосредственно	Непосредственно
Металлорукава	С подкладкой негорючих материалов 1, 2	Непосредственно	Непосредственно
Жгуты			Непосредственно в пульте управления, подвагонных ящиках и нишах распределительных щитов
б) Открытые электропроводки к подвижным токоприемникам и спуски к токоприемникам (подвижным и неподвижным)			
Незащищенные электропровода и кабели	В металлорукавах или защищенных оболочках из материалов, медленно распространяющих пламя		
	С подкладкой под металлорукава или защитные оболочки негорючих материалов I	Непосредственно	Непосредственно

Способы прокладки электро проводки	Прокладка по конструкциям		
	из горючих материалов	из трудно-воспламеняемых материалов	из негорючих материалов
Провода и кабели типа ППСРВМ. КПСРВМ с изоляцией, не распространяюшей горение, в прокладке к светильникам тамбуров	С прокладкой негорючих материалов	Непосредственно	Непосредственно

Применение проводов в электрических линиях вагонов рефрижераторного подвижного состава

В электрических линиях применяют провода, шнуры и кабели различных марок площадью сечения от 1,5 до 50 мм^2. Марка провода, шнура или кабеля обозначается соответствующими буквами, которые условно характеризуют материал токопроводящей жилы и их изоляцию, степень гибкости провода, наличие защитных оболочек. Для пуска дизелей с помощью стартера в схемах применяют провод марок ТРПФ, ПРП (рис 7.12), кото-

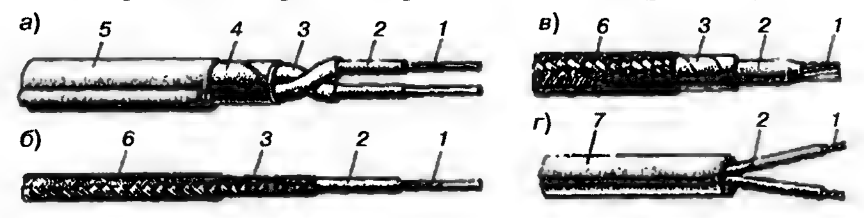


Рис. 7.12. Провода марок ТРПФ (*а*), ПР-500 (б), ПРГ-500 (*в*), ШПРС (*г*):

1 — токопроводящая жила; *2* — резиновая изоляция; *3* — прорезиновая хлопчатобумажная лента; *4* — кабельная бумага; *5* — металлическая оболочка; *6* — хлопчатобумажная оплетка, пропитанная мастикой; *7* — резиновый защитный шланг

рый имеет резиновую изоляцию-панцирь, представляющую из себя наружную оплетку, выполненную из тонких стальных оцинкованных проволок.

Монтаж проводов в электрораспределительном шкафу приведен на рис. 7.13. Концы проводов снабжены наконечниками, при помощи которых провода подсоединяются к клеммам электрических приборов. На конец каждого провода одета белая пластмассовая втулка, на которой нанесены краткое обозначение прибора и место присоединения, согласно схеме цепей тока. На монтажных схемах около отходящего от клеммы прибора провода нанесено условное обозначение клеммы прибора, к которой присоединен другой конец провода.

При фиксированном монтаже провод или кабель закрепляют по всей длине неподвижно. При этом на концах проводов и кабелей (в середине пучка или на другом конце) допускается свободная петля, изгибаемая на угол 180° с радиусом изгиба не менее пяти диаметров провода или кабеля. Монтаж с ограниченной подвижностью допускает прокладку проводов и кабеля свободно в трубах, желобах, коробках. При присоединении к подвижным токоприемникам провод или кабель с одного или обоих концов подсоединяются к подвижным местам, которые испытывают непрерывные перемещения в любой плоскости на ±150 мм, в результате провода и кабели скручиваются и изгибаются. Для фиксированного монтажа при воздействии смазочных масел и дизельного топлива применяют провод с поливинихлоридной изоляцией марки ППСВ. Для фиксированного монтажа и при ограниченных перемещениях, но при отсутствии масел и топлива можно использовать провод с резиновой изоляцией в резиновой морозостойкой оболочке марки ПСРМО. В особо ответственных местах должен укладываться провод марки ППСРН с резиновой изоляцией в маслостойкой, но не распространяющей горения, резиновой оболочке. Этот провод предназначен для фиксированного монтажа при воздействии масел и топлива. При ограниченных перемещениях в этих условиях укладывают провод марки ППСРВМ с изоляцией в поливинихлоридной морозостойкой изоляции. Для подвижного соединения между вагонами применяют кабель марки КПСРМ с резиновой изоляцией в резиновой морозостойкой оболочке. При наличии масла и топлива используют кабель с резиновой изоляцией в поливинилхлоридной морозостойкой оболочке. Но-

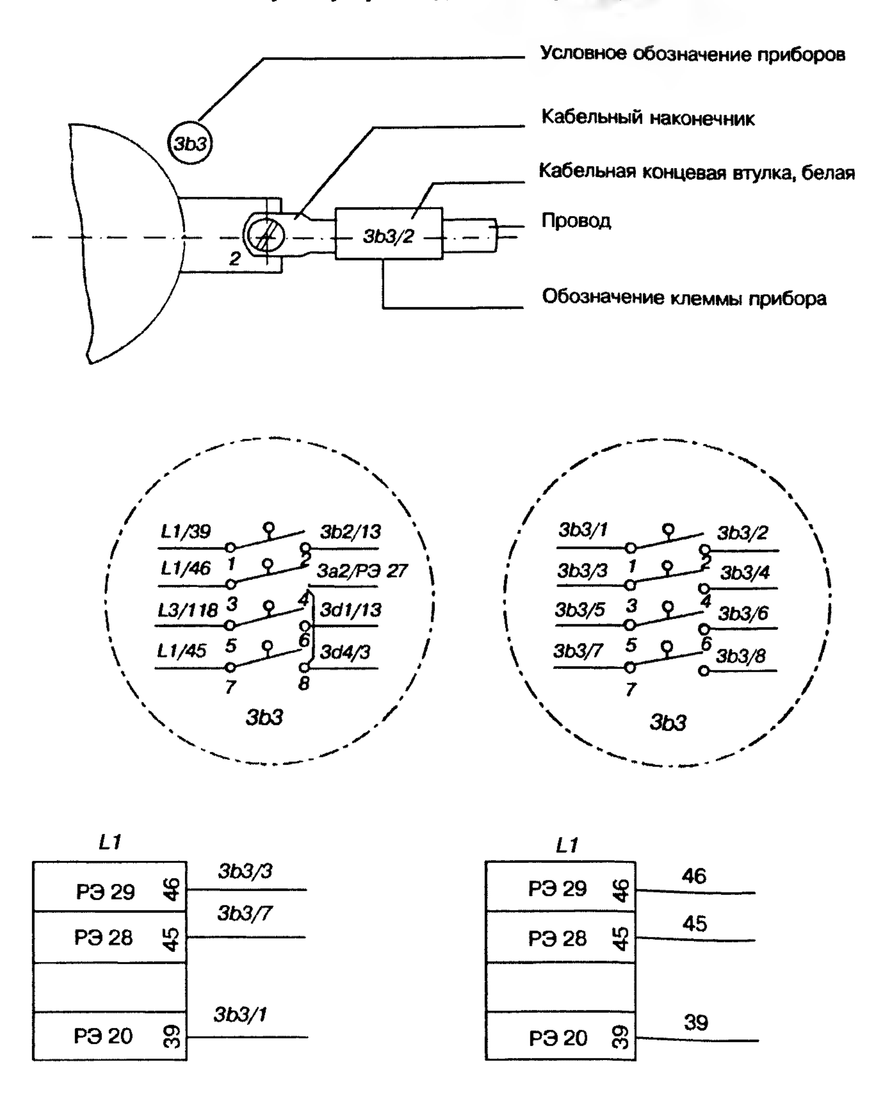


Рис. 7.13. Монтаж проводов в распределительном щите пассажирского вагона

минальное напряжение проводов и кабелей переменного тока составляет 660 В. Число жил в проводе марки ППСВ — 1 или 2 площадью сечения от 0,5 до 6 мм^2, у всех остальных проводов — одна площадью сечения от 1 до 10 мм^2 (провод марки ППСРМО) или от одного до 300 мм^2 (провода марок ППРСМ, ППРСМ, ППСВМ). Кабели выпускают с числом жил от 2 до 37 и площадью сечения 1,5 и 2,5 мм^2. Площадь сечения проводов подбирают по току в линии на основании таблиц длительно допустимых нагрузок. Ток, потребляемый токоприемниками, определяют по их паспортным данным или расчетным путем. Значение длительно допустимых нагрузок в амперах для изолированных проводов, кабелей и шнуров с медными токопроводящими жилами в резиновой и винилитовой изоляции принимают для температуры окружающего воздуха 25°С и наибольшего нагрева жилы до температуры 55°С. При подборе площади сечения проводов также рассчитывают падение напряжения в линии, которое не должно превышать 6%.

Силовые магистрали (кабели ВРГ) и линии управления (кабели ШРПС) укладывают в специальных трубах и коробах, защищающих их от воздействия атмосферных осадков, солнечных лучей и механических повреждений. Короба располагают под вагонами, в полу и на стенках вагонов и закрывают обшивкой. Провода крепят скобами. Двухлапые скобы на горизонтальных участках устанавливают на расстоянии не более 550 мм, на вертикальных — не более 700 мм. На прямых участках допускается крепление проводов однолапчатыми скобами при расположении винта крепления под проводом. Сечение проводов и ответвления осуществляют при помощи соединительных (распаечных) коробок различной конструкции с двумя и четырьмя выводами. Место входа провода в коробку уплотняют резиновым кольцом. Коробка закрывается крышкой на винтах или завинчивающейся в корпус коробки. Внутри коробок провода соединены винтовыми креплениями или скруткой с последующей пропайкой. Одножильные провода соединяют обычной скруткой и пропайкой. Для этого жилы зачищают, обматывают бандажной проволокой и пропаивают оловянисто-свинцовыми припоями или тинолем. В качестве флюса используется канифоль, которая в расплавленном состоянии хорошо растворяет окислы меди. Нашатырь и соляную кислоту применять не разрешается. Большое распространение получил способ соединения проводов сваркой или опрес-

совкой специальными клещами в соединительной гильзе. Концы электрических проводов цепей управления, контроля за температурой и силовых цепей вводятся в щиты на специальные клеммные панели. Отдельные зажимы на панели имеют маркировку в соответствии с электрической схемой.

Расчет проводов

Провода электрических сетей рассчитывают для определения площади сечения провода, которое соответствовало бы допускаемым потере напряжения и токовой нагрузке. Внутреннюю проводку также проверяют на механическую прочность по нормам минимально допустимых площадей сечения. Напряжение, которым питается потребитель $U_п$, меньше номинального напряжения $U_{ном}$, отдаваемого генератором в линию, на величину падения напряжения в проводах $xU_{пр}/xU_п = U_{ном} - xU_{пр}$.

Падение напряжения принято выражать в процентах от номинального напряжения линии $U_{ном}$:

$$xU\% = xU_{пр}/U_{ном} \cdot 100.$$

Допустимое падение напряжения должно быть не выше:

5% — в силовой сети и сети питающей элетропечи;

2,5–3,5% — в осветительной сети до группового щита;

1,5–2,5% — в осветительной сети от группового щита до дальней лампы или до сосредоточенной нагрузки.

Провода сети освещения рассчитывают до допустимой потери напряжения

$$S = \frac{\Sigma PL}{c\Delta V\%},$$

где S — площадь сечения провода, мм^2;

PL — сумма нагрузки на плечо, квт·м;

c — коэффициент, зависящий от напряжения сети, материала проводов и их количества; для однофазной сети $c = \frac{U^2}{2 \cdot 10^5 \rho}$; для трехфазной сети $c = \frac{U^2}{10^5 \rho}$, здесь ρ — удельное сопротивление провода, Ом/м.

Суммарный момент нагрузок при присоединении к линии нескольких токоприемников определяют по формуле

$$\Sigma PL = P_1L_1 + P_2L_2 + P_3L_3 + P_4L_4 \ldots,$$

где P_1, P_2, P_3, P_4 — мощности отдельных потребителей, кВт;
L_1, L_2, L_3 — длина провода между каждым потребителем и щитом, м.

Найденную площадь сечения провода проверяют: на продолжительно допустимый ток нагрузки.

Для этого находят рабочий ток в линии

$$I = \frac{P'}{U_{ном}},$$

где P' — суммарная мощность всех токоприемников линии;
$U_{ном}$ — номинальное напряжение сети.

Площадь сечения провода выбрана правильно, если рабочий ток меньше или равен максимально допустимому току для этого сечения.

Найденную площадь сечения провода S сравнивают с максимально допустимой, которую устанавливают в зависимости от способа прокладки провода. Если площадь сечения равна или более указанной в табл. 7.3, то расчет считается правильным. В противном случае площадь сечения, определенную по допустимой потере напряжения и по плотности тока, необходимо увеличить.

Таблица 7.3

Назначение проводов	Наименьшая площадь сечения провода, мм^2	
	медного	алюминиевого
Провода для осветительной арматуры	0,5	
Провода для переносных приборов	0,75	
Незащищенные изолированные провода для стационарной прокладки в трубах и металлических рукавах, групповые линии силовой и осветительной сети при отсутствии штепсельных розеток	1	2,5
Групповые провода силовой сети, сети освещения со штепсельными розетками	1,5	2,5

Назначение проводов	Наименьшая площадь сечения провода, мм²	
	медного	алюминиевого
Изолированные провода и кабели, проложенные во взрывоопасных помещениях в стальных трубах:		
осветительной сети	1,5	2,5
силовой сети	2,5	4

Расчет проводов силовой трехфазной сети производится в зависимости от количества подключенных электродвигателей. При подключении одного электродвигателя определяют его номинальный ток

$$I_{\text{ном}} = \frac{1000P_{\text{ном}}}{\sqrt{3}U_{\text{дв}}\cos\varphi_{\text{ном}}\eta_{\text{ном}}},$$

где $P_{\text{ном}}$ — номинальная мощность двигателя, кВт;
$U_{\text{дв}}$ — номинальное напряжение двигателя, В;
$\cos\varphi_{\text{ном}}$ — коэффициент мощности при номинальной нагрузке;
$\eta_{\text{ном}}$ — номинальный КПД двигателя.

Увеличение тока в момент пуска двигателя учитывают коэффициентом кратности пускового тока K_i, который зависит от способа пуска. При прямом включении двигателя K_i = 5–6,5, при пуске способом переключения старторных обмоток со «звезды» на «треугольник» K_i = 1,7–2,3 и при реостатном пуске двигателя с фазным ротором K_i = 1,5–2. Если $K_i \le 2{,}5$, ток плавкой вставки $I_{\text{п.в.}} \ge I_{\text{ном}}$. При $K_i > 2{,}5$ (случай прямого включения электродвигателя в сеть) $I_{\text{п.в.}} = K_i I_{\text{ном}}/2{,}5$.

Далее, пользуясь типовыми расчетными таблицами, по току плавкой вставки $I_{\text{п.в.}}$ определяют площадь сечения провода линии. Выбранную площадь сечения провода проверяют:

на допустимую потерю напряжения по формуле

$$\Delta U\% = \frac{173 \cdot I_{\text{ном}} L \cos\varphi_{\text{п}}}{\rho S U_{\text{ном}}},$$

где L — длина провода (от щита до двигателя), м;
ρ — удельная проводимость провода (для меди 53 м/Ом·мм², для алюминия 31,7 м/Ом·мм²);
$U_{\text{ном}}$ — номинальное напряжение сети, В.

Допустимая потеря напряжения не должна превышать 5% номинального напряжения сети; на допустимую площадь сечения — по условиям механической прочности.

Для этого найденную площадь сечения провода сравнивают с минимальной допустимой по табл. 7.2, как и для проводов сети освещения. При подключении к сети нескольких электродвигателей вначале определяют номинальные токи всех двигателей по указанной выше формуле. Затем определяют расчетный ток в линии $I_{расч.}$ по формуле:

$$I_{расч.} = k_0 \sum_{1}^{n-1} I_{ном} + I_{пуск},$$

где k_0 — коэффициент, учитывающий одновременность работы электродвигателей и степень их загрузки (для силовых линий секций и вагонов с машинным охлаждением $k_0 = 1$);

n — количество двигателей, присоединенных к линии;

$\sum_{1}^{n-1} I_{ном}$ — сумма номинальных токов всех двигателей без одного, для которого определяется пусковой ток;

$I_{пуск}$ — пусковой ток двигателя, дающего наибольший прирост пускового тока ($I_{пуск} = K_i I_{ном}$).

Если определяют площадь сечения проводов линии, к которым присоединено несколько электродвигателей, имеющих кратность пускового тока $k_п < 2,5$ (асинхронные двигатели с фазным ротором и двигатели постоянного тока), то расчетный ток определяется по формуле:

$$I_{расч.} = k_0 \sum_{1}^{n-1} I_{ном}.$$

Далее находят ток плавкой вставки, защищающий силовую линию, исходя из следующих возможных случаев:

$I_{п.в.} = I_{расч.}$ (с учетом номинального тока двигателя);

$I_{п.в.} = I_{расч.}:2,5$ (с учетом пускового тока двигателя).

После определения тока $I_{п.в.}$ по этим формулам берут наибольшее из его значений и затем по току стандартной плавкой вставки находят соответствующую ему площадь сечения провода.

Выбранную площадь сечения провода проверяют на допустимую потерю напряжения по формуле:

$$\Delta U\% = \frac{173\Sigma I_{ном} L\cos\varphi_{ном}}{\rho S U_{ном}},$$

где $I_{ном}$, $L\cos\varphi_{ном}$ — произведение значения номинального тока на длину провода и номинальный коэффициент мощности для каждого электродвигателя.

Для сетей автономных вагонов такую проверку не производят. Если падение напряжения оказалось менее 5%, расчет считается правильным.

Затем выбранную площадь сечения провода проверяют на допустимую площадь сечения по условиям механической прочности. Расчет проводов в сети электроотопления сводится также к определению тока плавкой вставки, по которому находят площадь сечения провода. Необходимо, чтобы $I_{п.в.} \geq 2{,}51 I_{расч.}$

Расчетный ток определяют:

для однофазных нагревательных приборов по формуле $I_{расч.} = P_{ном} : U_{ном}$;

для трехфазных $I_{расч.} = P_{ном} k_{н} : \sqrt{3}\, U_{ном}$,

где $P_{ном}$ — номинальная мощность электропечи или группы электропечей, Вт;

$k_{н}$ — коэффициент неравномерности нагрузки фаз ($k_{н}$ =1,1÷1,15).

7.5. Распределительные щиты рефрижераторного подвижного состава

Электроэнергия от синхронных генераторов передается к потребителям при помощи распределительных устройств, которые размещены в распределительных щитах.

Различают главные и вспомогательные щиты. В главных щитах, непосредственно от генераторов, получаемая электроэнергия распределяется между групповыми потребителями (привод холодильных установок, отопление и т.д.). При этом на главных щитах могут быть аппараты для включения отдельных

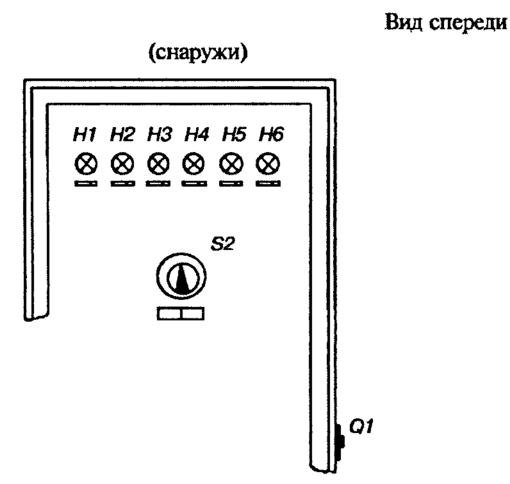
вспомогательных потребителей, например, электродвигателя потолочного вентилятора, топливного центробежного насоса и др. Вспомогательные щиты служат для распределения между отдельными потребителями одной группы получаемой от главного щита электроэнергии. В распределительных щитах располагают аппараты для контроля и управления распределением электроэнергии. Распределительные щиты должны полностью исключать возможность попадания обслуживающего персонала под напряжение, для чего их делают в виде закрытых камер; быть надежными в противопожарном отношении; обеспечивать удобный доступ к приборам управления и удобное наблюдение за показаниями контрольно-измерительных приборов и сигнализации, а также иметь доступ к аппаратуре на случай ее ремонта; иметь амортизирующие устройства, повышающие в условиях движущегося вагона надежность работы аппаратуры, а также наименьшую массу и габаритные размеры; обеспечивать интенсивное естественное охлаждение аппаратуры воздухом. Кроме распределительных щитов, на рефрижераторном подвижном составе имеются также различные шкафы и панели, на которых установлена аппаратура для измерения температуры в грузовых вагонах и управления отдельными потребителями. Распределительные щиты различных типов рефрижераторного подвижного состава имеют принципиально одинаковое устройство и отличаются только размерами, количеством и назначением находящихся в них аппаратов и местом расположения.

Для передачи электроэнергии от источника к потребителю устанавливаются электрощиты. По назначению они делятся на: главный, вспомогательные и щиты потребителей.

На рефрижераторной секции ZB-5 имеются следующие щиты: *2U1* — клеммный щит для подключения постороннего питания (ток со стороны), находится под вагоном-электростанцией. *2U2* — главный распределительный щит, находится в вагоне-электростанции (рис. 7.14); *2U3* — комбинация контакторов для шкафа холодильника, находится в вагоне-электростанции; *2.1U4-2.4U4* — щиты машинного отделения (рис. 7.15), находятся в грузовых вагонах. Электрощиты потребителей: *3P1* — щит холодильно-отопительного агрегата, расположен на агрегате, в грузовом вагоне (рис. 7.16). *1P1.2-1.P.2.1* — арматурный и релейный щиты. *1P1.2-1P2.2* — релейный и приборный щиты стоп-установки дизеля (главные дизеля). *1P2.3* — щит управления дизелем *3*.

Вид спереди

(снаружи) (внутри)



Сигнальные лампы режима:

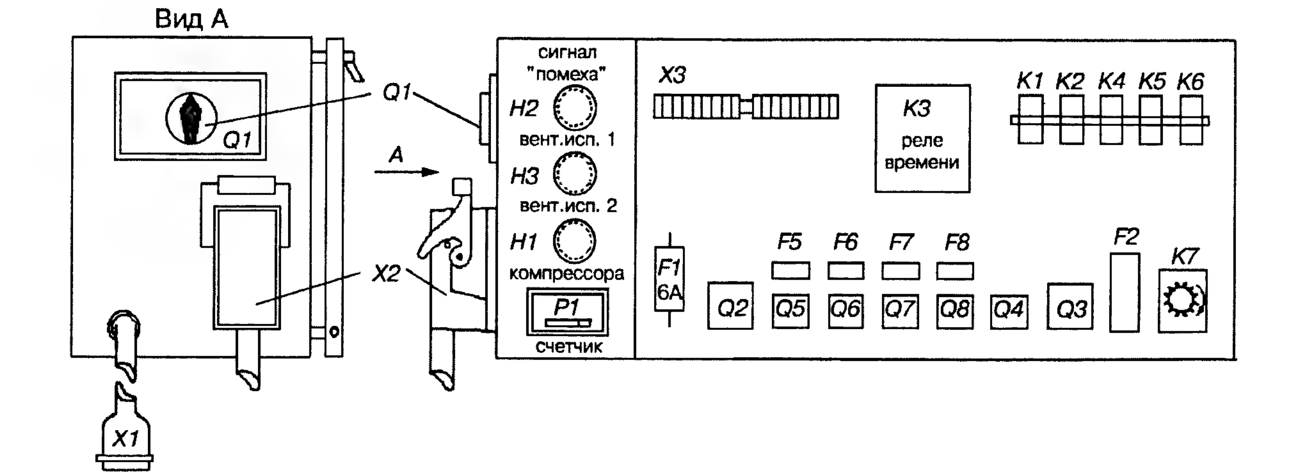
H1 – отопление
H2 – охлаждение } (агрегат № 1)
H3 – оттайка
H4 – отопление
H5 – охлаждение } (агрегат № 2)
H6 – оттайка
S2 – переключатель управления режимом работы. Положения:
I – дистанционное управление с ГРЩ
II – выключен (вентиляция)
III – охлаждение вручную } аварийный
IV – отопление вручную } при неисправности релейного блока К1Д2
Q1 – гл.силовой переключатель 3~380В

Аппаратура щита (внутри):

X1 – клеммные колодки щита наш. отд.
R1, R2 – защитные сопротивления 25Вт 220 Ом — цепи самоблокировки
K1, K2 – промежуточное реле подготовки диет. или авт. управления
K4 – охлаждение реле выбора
K3 – отопление режима
V1, V2 – диоды типа SY-204 схемы сигнализации помех
S1 – конечный выключатель освещения щита *E1*

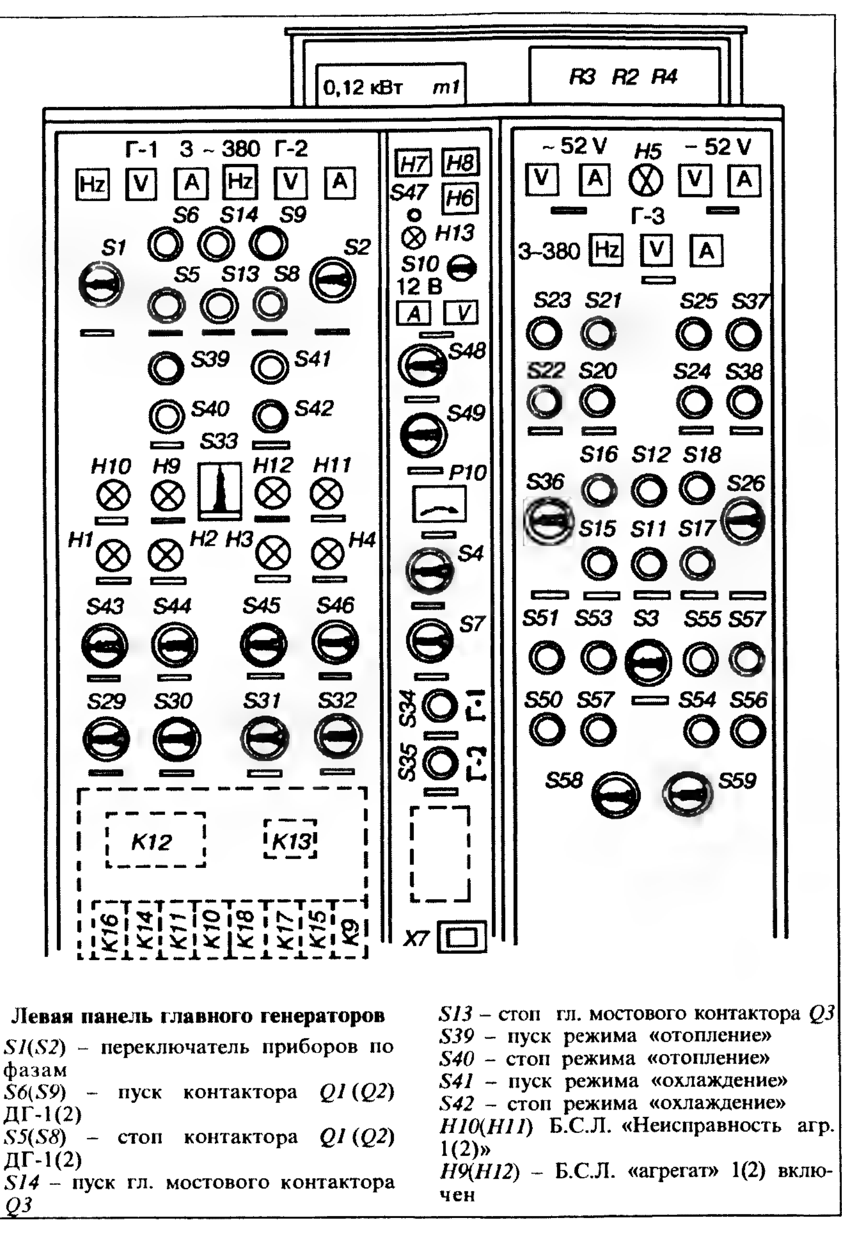
F2÷F11 – предохранители
Q2(*Q3*) – магн. пускатель элементов предварит. отопления агр. 1; 2 (вкл. термостатом В4 перед пуском компрессора при низкой температуре менее –20°С)
X2 – 20-полюсная розетка релейного блока (управления)
X3 – розетка 52 В

Рис. 7.14. Внешний вид распределительного щита *U4* машинного отделения на рефрижераторных секциях типа ZB-5 выпуска 1987 г.



Q1 – гл. выключатель управления
X1 – штепсельное соединение щита МО с агрегатом (4-х полюсное силовое 3 ~ 380 В)
X2 – штепсельное соединение управления и сигнализации (36 полюсов)
X3 – клеммная колодка
F1 – предохранитель 6А
F2 – реле электронной защиты электродвигателя двигателя компрессора
F5; *F6* – реле тепловое K-IR 1W (уст. 1,2 А)
F7; *F8* – реле тепловое K-IR 1W (уст. 2 А)
Q2 – магн. пускатель (М.П.) электродвигателя, компрессора (тип S-ID2)
Q3 – М.П. элементов подогрева поддона при оттайке (тип S-ID2)
Q4 – М.П. печей отопления грузового вагона (тип S-ID2)
Q5; *Q6* – М.П. вентиляторов 1; 2 испарителя (тип S-ID1)
Q7; Q8 – М.П. вентиляторов 1; 2 конденсатора (тип S-ID1)
K1 – промеж. реле режима «охлаждение» (тип 2RX-30)
K2 – промеж. реле режима «отопление" (тип 2RX-30)
K3 – реле времени 6 мин (тип Р3етВ)
K4 – промеж. реле сигнализации помех (тип 2RX-30)
K5 – пром. реле блокировки оттайки агрегатов 1; 2 – грузового вагона (тип 2ЮС-30) К6 - пром. реле прерывания оттайки (тип 2RX-30)
K7 – программный часовой механизм оттайки (1 час через 11) тип VSS-02

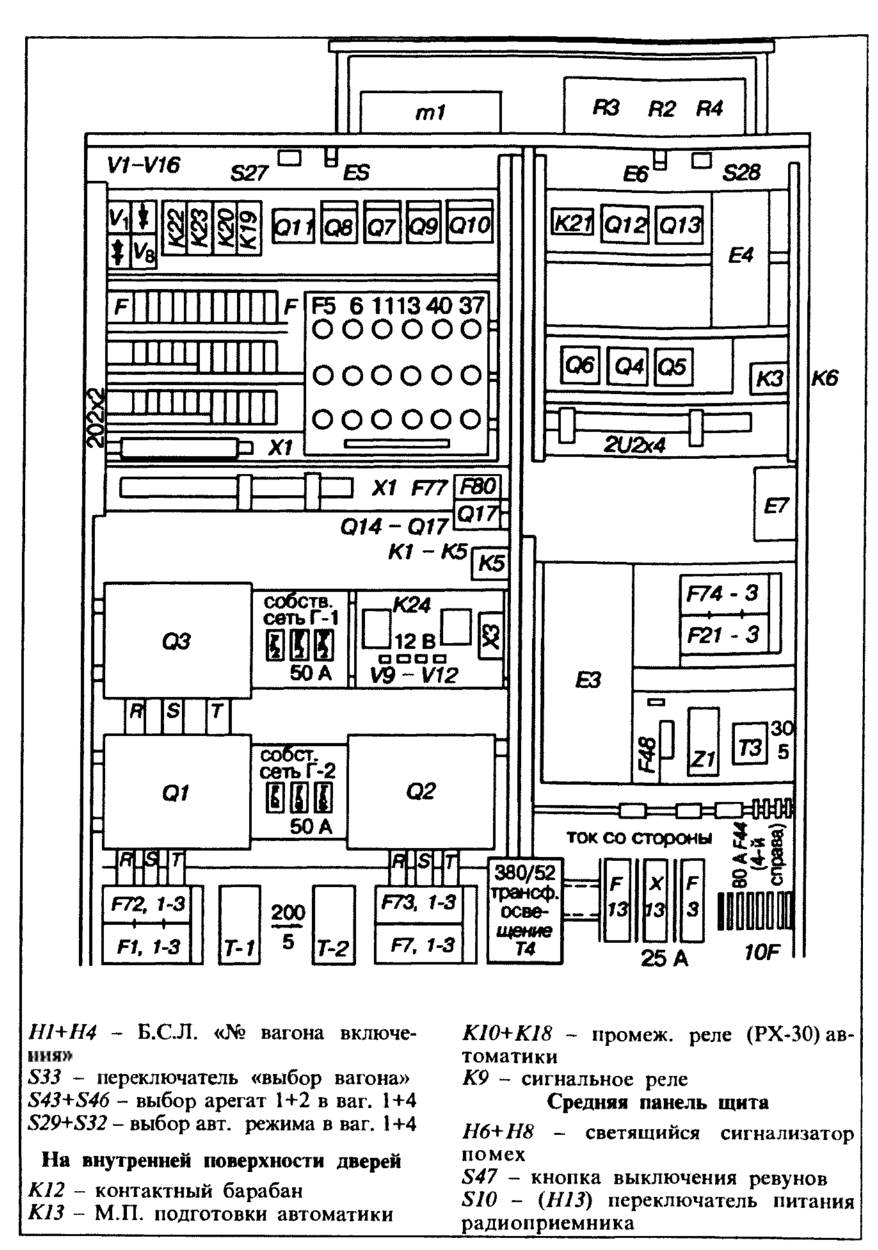
Рис. 7.15. Внешний вид распределительного щита агрегата P1



Левая панель главного генераторов

S1(*S2*) – переключатель приборов по фазам
S6(*S9*) – пуск контактора *Q1* (*Q2*) ДГ-1(2)
S5(*S8*) – стоп контактора *Q1* (*Q2*) ДГ-1(2)
S14 – пуск гл. мостового контактора *Q3*
S13 – стоп гл. мостового контактора *Q3*
S39 – пуск режима «отопление»
S40 – стоп режима «отопление»
S41 – пуск режима «охлаждение»
S42 – стоп режима «охлаждение»
H10(*H11*) Б.С.Л. «Неисправность агр. 1(2)»
H9(*H12*) – Б.С.Л. «агрегат» 1(2) включен

Рис. 7.16. Внешний вид главного распределительного



H1÷H4 – Б.С.Л. «№ вагона включе-ния»
S33 – переключатель «выбор вагона»
S43÷S46 – выбор арегат 1÷2 в ваг. 1÷4
S29÷S32 – выбор авт. режима в ваг. 1÷4

На внутренней поверхности дверей

K12 – контактный барабан
K13 – М.П. подготовки автоматики

K10÷K18 – промеж. реле (РХ-30) автоматики
K9 – сигнальное реле

Средняя панель щита

H6÷H8 – светящийся сигнализатор помех
S47 – кнопка выключения ревунов
S10 – (*H13*) переключатель питания радиоприемника

щита (окончание см. 292)

S48 – выбор источника зарядки батареи 12В
S49 – выбор батареи I-II 12 В
S4, P10 – выключатель и указатель вращения поля
S7 – блокировочный переключатель «ток со стороны»
S34(*S35*) – под возбуждение гл. генер. 1(2)
R6 – сопротивление для подвозбуждения гл. генераторов
X7 – розетка 52 В
R7 – сопротивление в цепи обогрева

Панель собственных нужд

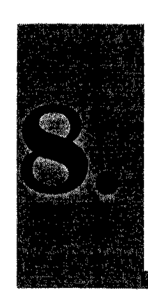
S23 – пуск вентилятора сл. помещения
S22 – стоп вентилятора сл. помещения
S21 – пуск вентилятора ГРЩ
S20 – стоп вентилятора ГРЩ
S25 – пуск вентилятора диз. помещения
S24 – стоп вентилятора диз. помещения
S37 – пуск обогрева водозаправочных штуцеров
S38 – стоп обогрева водозаправочных штуцеров
S36 – выключатель освещения грузовых вагонов
S16 – пуск мостового контактора *Q4*
S15 – стоп мостового контактора *Q4*
S12 – пуск контактора *Q6* генератора 3
S11 – стоп контактора *Q6* генератора 3
S18 – пуск мостового контактора *Q5*
S17 – стоп мостового контактора *Q5*
S26 – выключатель бойлера (1,2 кВт)
S3 – переключатель приборов Г-3 по фазам
S51,53 (*S55,57*) – пуск охладителей диз. 1(2)
S50,52 (*S54,56*) – стоп охладителей диз. 1(2)
S58, S59 – реверсивные переключатели вентиляторов служебного помещения

Аппаратура щита (внутрн)

S26, S27 – конечные выключатели освещения ГРЩ
V1–V16 – диоды схемы сигнализации помех
V9–V12 – диоды для зарядки батарей 12В
m1 – вентилятор ГРЩ
R2, R3 – сопр. схемы зарядки батарей 12В
R4 – сопр. нагрузки регулятора Е3
R5 – сопр. в цепи осевого генератора
Q1(*Q2*) – гл. контактор генератора 1(2) тип ЕС-160
Q3 – гл. мостовой контактор тип ЕС-160
Q4 – вспом. мостовой контактор тип SIД40
Q5 – вспом. мостовой контактор тип SIД40
Q6 – гл. контактор генератора 3 тип SIД40
Q7 – М.П. вентилятора тип SIД10
Q8 – М.П. вентилятора сл. отд. тип S1Д10
Q9 – М.П. вентилятора диз. отд. тип SIД10
Q10 – М.П. воздушн. компрессора SIД10
Q11 – М.П. бойлера SIД10
Q12 – М.П. переключения освещения – 52В тип Фау Г-40
Q13 – М.П. переключения освещения – 52В тип SIД40
Q14–Q17 – М.П. охладителей дизеля 1(2) SIД40
F1,F7, F21 – максимальная защита
F72,F73,F74 – тепловая защита Г-1,2,3 тип ЕРс
F – предохранители
T1,T2,T3 – изм. трансформаторы Г-1, 2, 3
T4 – трансформатор освещения 380/50 В
T5 – трансформатор 220/14 для батареи 12В
E1 – ограничит. *I* возб. осевого генератора
E3 – регулятор напряжения сети
E4 – распр. щит обогрева водяных штуцеров
E5,E6 – освещение щита
E7 – преобразователь –52/~220 (инвертор)
K1–K5 – М.П. сигнализации неисправности генератора 1,2
K3(*K6*) – реле тепл. защиты генератора 1(2)
K19 – реле подключения регулятора сети Е3
K7 – сигнальное реле min U – 47В «необходимостъ зарядки АБ»
K20 – реле зарядки батареи 52В от осевого генератора
K22 – реле сигнализации помех тип РХ-01
K23 – реле выключения звукового сигнала
K24 – реле зарядки батареи 12В от осевого сигнала

Рис. 7.16. *Окончание*

Так, главный распределительный щит 5-вагонной секции ZB-5 представляет собой металлическую камеру, габаритные размеры которой определены местом расположения щита. На открывающихся створках лицевой части щита расположены контрольно-измерительные приборы *P1-16* (амперметры, вольтметры, частотомеры, указатели чередования фаз), рукоятки пакетных выключателей и переключателей *S1-S4, S7, S26, S29-S36, S43-S46, S48, S49*, кнопочные выключатели (в том числе с встроенными светящимися указателями) *S5, S8, S9, S11-S18, S23-S25, S27, S28, S37-S42, S47*, сигнальные лампы *H1-H5, H7-H12*, штурвал реостата возбуждения вспомогательного генератора. В нижней части створки имеют щелевые жалюзи, через которые проходит охлаждающий воздух. На обратной стороне створок крепятся контактный барабан (программное реле) *K12*, группа реле *K10, K11, K13, K15-K18*, резистор *R6* (постороннее возбуждение). В верхней части щита находится вентилятор охлаждения *M1* и резисторы *R2, R3* (зарядка 12В), *R4* (основная нагрузка подвагонного генератора). Внутри щита на стойках, полуперегородках, панелях крепятся различные реле (*K19-K24, K3, K6*), контакторы (*Q1-Q13*), ограничитель тока *E1*, регулятор сети *E3*, разнообразные предохранители, реле защиты, тепловые, максимальные реле *F* (*F1-F76*), трансформаторы тока *T1-T4*, трансформаторы *T4, T5*, диоды *V1-V12*, соединительные шины (*n, s, l*) и групповые переходные соединения (*X1, X3, X4*). Все аппараты главного распределительного щита имеют маркировку, соответствующую монтажным и принципиальным схемам. Кроме того, любой аппарат, относящийся к главному щиту, имеет впереди обозначение *2U2* (например, *2U2Q1* — контактор типа ЕС на 220 В, 160 А основного генератора *1*). Аппараты распределительного щита грузового вагона имеют обозначение *U4*. На этом щите расположены: переключатель *S2*, конденсаторы *C1-C6* холодильно-нагревательных сигнальных ламп *H1-H6*, реле *K1-K4*, пакетный переключатель *Q1*, контакторы *Q2, Q3*, патрон *E1*, максимальное реле *F1*, предохранители *F2-F11*, переходные соединения *X1-X3*, шины *N, S, L*, панели *63-67*, резисторы *R1-2*, диоды. Передняя панель щита грузового вагона выполнена в виде открывающейся створки.



8. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ВАГОНОВ

8.1. Виды схем. Условные буквенно-цифровые обозначения на электрических схемах

Действующими стандартами установлены следующие виды схем (каждой из них соответствует буквенный шифр, указанный в скобках):

- электрические (Э);
- гидравлические (Г);
- пневматические (П);
- кинематические (К);
- оптические (Л);
- комбинированные (С).

Государственным стандартом установлено девять типов схем:

- структурные (1);
- функциональные (2);
- принципиальные (3);
- соединений (4);
- подключений (5);
- общие (6);
- расположения (7);
- прочие (8);
- совмещенные (0).

Цифры в скобках рядом с названием типа схемы представляют собой присвоенный ему (типу) цифровой шифр.

Структурная схема содержит самую общую информацию об изделии, об основных частях системы, о принципах организации управления системой; о контролируемых и регулируемых параметрах. Логическим развитием структурной схемы служит функциональная. Согласно определению данного типа схем функ-

циональная схема прежде всего разъясняет процессы, протекающие в изделии в целом или его функциональных частях. Поэтому, изучая схемы, необходимо сперва выделить функциональные цепи, начав с главных, по которым передается основной поток энергии. Функциональная схема позволяет узнать состав и взаимодействие частей установки и системы ее автоматизации; выделить объекты контроля и регулирования; установить параметры, подлежащие контролю и регулированию; определить тип технических средств, использованных для реализации тех или иных функций.

Следующий тип схем — *схема электрическая принципиальная*. Ее иногда называют еще полной схемой, так как она определяет полный состав элементов и связей между ними и дает, как правило, детальное представление о принципе работы изделия. Эти схемы являются главными среди других видов схем. Из принципиальной схемы, используя одновременно информацию, полученную из функциональной схемы, возможно следующее:

— определить элементную базу;

— определить систему электропитания;

— изучить цепи каждого потребителя энергии.

Следующей в перечне типов схем указана *схема соединений*. Эти схемы иногда называют *монтажными*, так как основное их показать провода и кабели, узлы присоединения линий связи к приборам и аппаратам, датчикам и т.п.

Между схемами принципиальной и соединений обязательно должно быть определенное соответствие. На схеме соединений должны быть использованы аппараты и элементы тех же типов, что и на принципиальной схеме:

— позиционные обозначения элементов схемы соединений повторяют позиционные обозначения принципиальной схемы;

— маркировка цепей, нанесенная на принципиальной схеме, повторяется на схеме соединений.

Следующий тип — *схема подключения*. Она необходима для выполнения одной из операций электромонтажных работ — подключения внешнего монтажа.

Следующий тип схемы из числа предусмотренных стандартами ЕСКД — общая схема. Она предназначена для ознакомления с изделиями, а также для контроля и эксплуатации и определяет составные части изделия и соединение их на месте эксплуатации. Выпуск таких схем характерен для изделий, в

которых линии связи поставляются в готовом виде, оконцованные соединителями, например штепсельными.

Схемы расположения служат таким же основным документом, как и принципиальные схемы. На основе схемы расположения разрабатывают такие документы: перечень маршрутов кабелей, схемы затяжки магистральных кабелей, перечни кабелей в коробках и т.д.

Разработка электрических схем ведется на стадии проектирования электрического оборудования, включающего в себя техническое задание, принципиальную схему управления, размещения электрооборудования в вагоне, схемы соединения узлов и элементов, схему монтажа, расчеты электрооборудования и определение параметров схемы.

Принципиальные схемы выполняют в однолинейном или многолинейном изображении. При многолинейном изображении каждую цепь, в том числе и цепи, выполняющие идентичную функцию (например, фазы цепей переменного тока), изображают отдельной линией, а элементы, содержащиеся в указанных цепях, в том числе и аналогичные, — отдельными условными графическими изображениями. При однолинейном способе все цепи, выполняющие идентичные функции, изображают одной линией, а аналогичные элементы, содержащиеся в этих цепях, — одним (однолинейным) условным графическим изображением.

Условные буквенно-цифровые обозначения на схемах

В электрических схемах применяют единые изображения электрооборудования. Каждый элемент схемы, кроме графического изображения, имеет свое обозначение, состоящее из определенного сочетания букв и цифр (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Первая, обязательная буква — группа кода и группа видов элементов	Вторая, дополнительная буква кода и примеры элементов
1	2
A — устройство, общее обозначение	
B— преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) и наоборот аналоговые или многоразрядные преобразователи, датчики для указания или измерения	*A* — громкоговоритель *F* — телефонный капсюль *M* — микрофон

1	2
D — схемы интегральные	
E — элементы разные	*K* — нагревательный элемент *L* — лампа осветительная
F — разрядники, предохранители, устройства защитные	*A* — дискретный элемент защиты по току мгновенного действия *P* — то же по току инерционного действия *V* — по напряжению *U* — предохранитель плавкий
G — генератор, источники питания	*B* — батарея
H — устройства индикационные и сигнальные	*A* — прибор сигнализации звуковой *L* — то же световой
K — реле, контакторы, пускатели	*A* — реле токовое *H* — реле указательное *K* — реле электротепловое *T* — реле времени *V* — реле напряжения *M* — контактор, пускатель
L — катушки индуктивности, дроссели	
M — двигатели	
P — приборы, измерительное оборудование	*A* — амперметр *F* — частотомер *R* — омметр *V* — вольтметр *W* — ваттметр
Q — выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание электрооборудования)	*F* — выключатель автоматический *S* — разъединитель
R — резисторы	*P* — потенциометр *K* — терморезистор *S* — шунт измерительный
S — устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации, измерительных. Примечание: обозначение SF применяют для аппаратов, не имеющих силовых контактов силовых цепей	*B* — выключатель кнопочный *F* — то же, автоматический *L* — то же, срабатывающий от уровня *P* — то же, но от давления *Q* — то же, но от положения *R* — то же, но от частоты вращения *K* — то же, от температуры *A* — выключатель или переключатель
T — трансформатор	*A* — тока *V* — напряжения

1	2
U — преобразователи электрических величин в электрические	*Z* — преобразователь частоты, инвертор, генератор частоты, выпрямитель
V — приборы электровакуумные и полупроводниковые	*D* — диод, *T* — транзистор, *S* — тиристор
X — соединения контактные	*P* — штырь *S* — гнездо
Y — устройства механические с электромагнитным приводом	*A* — электромагнит *C* — муфта с электромагнитным приводом *B* — тормоз с электромагнитным приводом

Пример. Элемент схемы имеет позиционное обозначение BA10.1F1.

Для извлечения содержащейся в этом обозначении информации расшифруем его.

Две буквы, расположенные до цифр (в общем случае в этой части позиционного обозначения может быть как одна, так и более двух букв), образуют первую часть обозначения — буквенный код элемента. Первая буква кода — *B* — представляет собой обязательную часть и выбирается в зависимости от того, к какой группе отнесен данный вид элементов в стандарте. Для уточнения вида элемента стандарт допускает применять в первой части обозначения коды из двух и более букв, дополняя ими обязательную букву кода (табл. 8.1, первая часть позиционного обозначения элемента).

Согласно табл. 8.1, первая буква кода *B* указывает, что данный элемент относится к группе преобразователей неэлектрических величин в электрические (или наоборот). Вторая буква кода *A* позволяет уточнить данный элемент — громкоговоритель. Многобуквенные коды, примеры которых отсутствуют в ГОСТ 2.710-81, должны быть пояснены в той документации, где они используются.

Вторая часть обозначения содержит одну или несколько цифр и разделительные знаки — точки или двоеточие. Цифры до разделительного знака указывают порядковый номер элемента на схеме среди элементов данного вида. В нашем случае рас-

сматривается громкоговоритель *BA*, имеющий порядковый номер 10. Если в качестве разделительного знака в этой части обозначения используется точка, то цифры, стоящие после нее, указывают условный номер части элемента или устройства, который применяют при разнесенном способе изображения, когда разные части одного и того же элемента располагают отдельно друг от друга для того, чтобы уменьшить длину линии связи и упростить чтение схемы.

В позиционном обозначении BA10.1F1 указана первая часть элемента BA10F1.

Двоеточие как разделительный знак в позиционном обозначении ставят между номером контакта коммутационного устройства и номером элемента.

После первой группы цифр с разделительным знаком между ними или без него идет третья часть обозначения, в которой могут быть расположены одна или несколько букв или цифр. Эта группа знаков кодирует функцию, выполняемую данным элементом в схеме.

Первая буква кода функции выбирается в соответствии со стандартом и используется только для общей характеристики функционального назначения элемента.

Если бы в нашем случае в третьей части обозначения была бы применима только одна буква *F*, то это говорило бы о выполнении данным элементом в схеме защитных функций. Однако здесь помимо буквы *F* применима и цифра *1*. Согласно правилам, в этом случае код функционального назначения должен быть пояснен в документации на конкретное изделие (табл. 8.2). В документе на изделие, где использовано рассматриваемое позиционное обозначение, указано, что шифр присвоен элементам аварийной защиты.

Таблица 8.2

Функциональное назначение	Буквенный код
Вспомогательный	A
Направление движения (вперёд, назад, вверх, вниз, по часовой стрелке и т.п.)	B
Считающий	C
Дифференцирующий	D
Защитный	F

Функциональное назначение	Буквенный код
Испытательный	G
Сигнальный	H
Интегрирующую	I
Толкающий	K
Главный	M
Измерительный	N
Пропорциональный	P
Состояние (старт, стоп, ограничение)	Q
Возвращение, сброс	R
Запоминание, запись	S
Синхронизация, задержка	T
Скорость (ускорение, торможение)	V
Сложение	W
Умножение	X
Аналоговый	Y
Цифровой	Z

Пример. Обозначение контактов штепсельных соединений (рис. 8.1) состоит из знаков *XP*, причем буквой *X* зашифрован вид элемента — контактное соединение, а буква *P* уточняет, что здесь изображена штыревая часть этого соединения. Особую важность буквенный код имеет тогда, когда контакт соединителя обозначен на схеме в виде прямоугольника, как это сделано на рисунке справа. Внутри прямоугольника указан номер контакта. Цифры после букв *XP* указывают номер соединителя, к которому принадлежит данный контакт, а цифры после двоеточия — номер контакта в соединителе. В некоторых типах соединителей, где контакты расположены несколькими параллельными рядами, нумерация может состоять из буквы, присво-

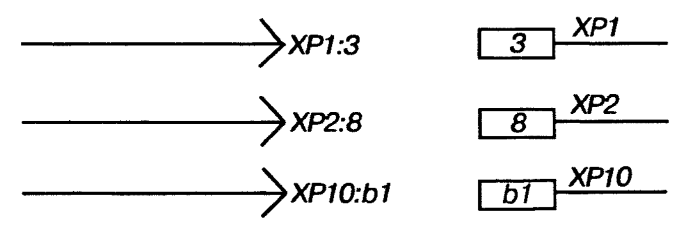


Рис. 8.1. Обозначение контактов штепсельных соединений

енной ряду, в котором он расположен, и цифр, показывающих его номер. Именно таким образом на рис. 8.1 дана запись номера штыря соединителя XP10-XP10 : *b*1.

На схемах можно встретить табличный способ обозначения электрических контактов.

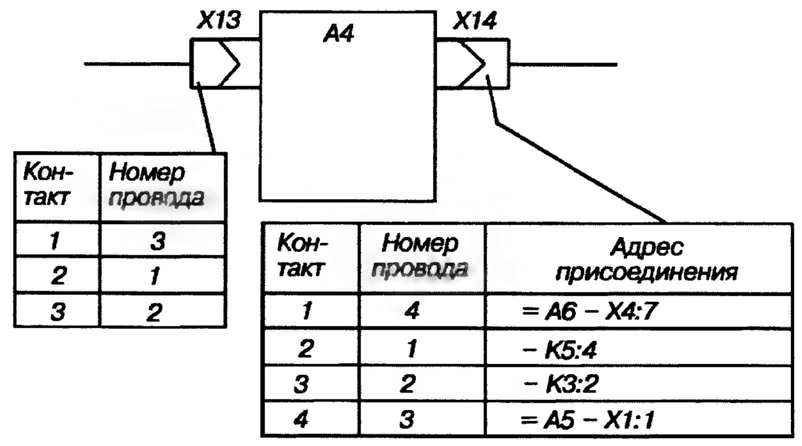
На рис. 8.2 показано устройство *A4*, снабженное двумя штепсельными соединениями *X13* и *X14*. Для сообщения о порядке подключения проводов или жил кабеля к их контактам рядом помещены таблички. Обратим особое внимание на табличку к соединителю *X14*, в которой есть столбец, названный «Адрес присоединения». В ней даны комбинации букв, цифр и математических знаков, которые образуют новый для нас вид буквенно-цифрового обозначения — адресное. В адресном обозначении знак равенства предшествует обозначению устройства; знак «минус» — позиционному обозначению, а двоеточие по-прежнему ставится перед номером контакта. Учитывая это, записанные в табличке соединителя *X14* адреса присоединений расшифровываются таким образом:

1. = *A6-X4:7* — седьмой контакт соединителя *X4* в устройстве *A6*;

2. – *K5:4* — четвертый контакт коммутационного аппарата *K5*;

3. – *K3:2* — второй контакт коммутационного аппарата *K3*;

4. = *A5-X1:1* — первый контакт соединителя *X1* в устройстве *A5*.



Контакт	Номер провода
1	3
2	1
3	2

Контакт	Номер провода	Адрес присоединения
1	4	= A6 – X4:7
2	1	– K5:4
3	2	– K3:2
4	3	= A5 – X1:1

Рис. 8.2. Обозначение контактов с двумя штепсельными соединителями

Чтение (расшифровка) адресного обозначения производится справа налево, т.е. в последовательности обратной связи.

Иногда на схемах вместо сочетания условного обозначения соединителя и таблички применяют одну табличку (рис. 8.3).

В этом случае позиционное обозначение соединителя присваивают всей табличке, рассматривая ее как элемент схемы (см. рис. 8.3). В этой табличке помимо номера контакта и адреса может быть помещен столбец, в котором приводится характеристика цепи, подходящей к данному контакту или отходящей от него. Обратим внимание на то, что позиционное обозначение *XS12*, помещенное над табличкой на рис. 8.3, обозначает гнездовую часть двенадцатого соединителя.

XS12

Контакт	Цепь	Адрес присоединения
1	$U = 20В$; $f = 50$ Гц	= A1 – X2:b1
2	$I = 0,5$ А	= A2 – X3:b4
3	$R_н = 10$ кОм	= A1 – X2:b2

Рис. 8.3. Табличное обозначение штепсельного соединения

8.2. Типовые узлы релейных схем

При анализе простых цепей и типовых схемных узлов релейно-контакторных схем, в том числе и схем сигнализации, можно пользоваться следующими общими положениями:

• контакты разных аппаратов соединяют параллельно, если нужно, чтобы цепь замыкалась любым из них, но размыкалась только всеми контактами сразу (реализация логической функции “ИЛИ” на контактных элементах) (рис. 8.4, *а*);

• контакты разных аппаратов соединяют последовательно:

а) чтобы цепь размыкалась любым из них, а замыкалась совместно всеми контактами (реализация функции “И” на контактах) (рис. 8.4, *б*);

б) для облегчения условий работы контактов с индуктивностью при размыкании цепи с индуктивностью (рис. 8.4, *г*);

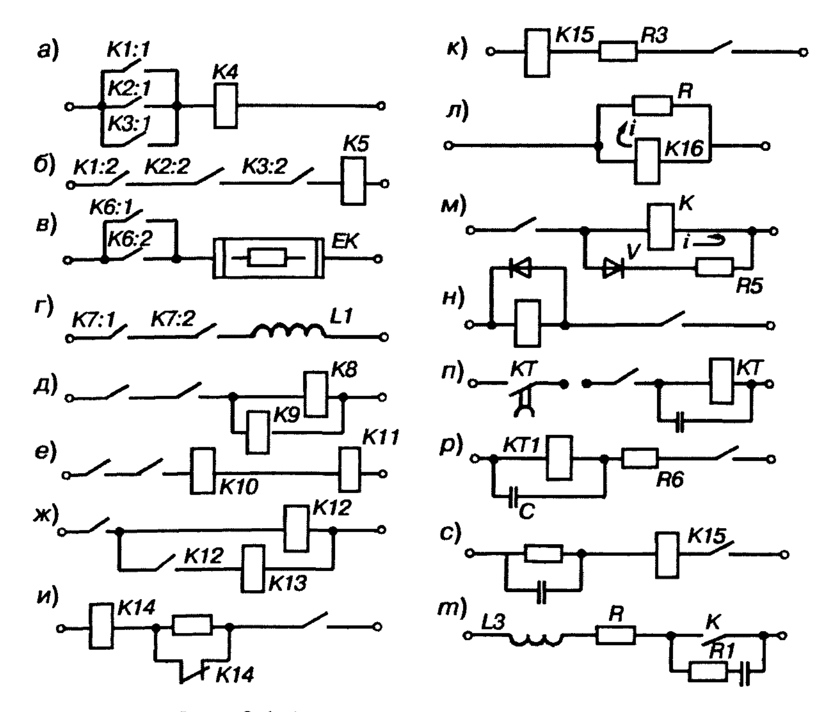


Рис. 8.4. Типовые узлы релейных схем

• контакты одного аппарата соединяют параллельно, если через них длительно протекает ток, превышающий допустимый для одного контакта (рис. 8.4, *в*). Если контактов одного аппарата недостаточно, то применяют второй аппарат. При этом возможны и неравноценные варианты их совместного включения в схеме:

а) обмотки аппаратов соединяют параллельно, тогда на них воздействует одно и то же напряжение (рис 8.4, *д*);

б) обмотки аппаратов соединяют последовательно, тогда они обтекаются одним и тем же током (рис 8.4, *е*);

в) обмотка дополнительного аппарата включается через контакт основного (рис. 8.4, *ж*). В этом случае второй аппарат включается с некоторой задержкой во времени;

• резисторы в схемах используют для разных целей:

1) для ограничения тока, протекающего через какой-либо элемент, например реле (рис. 8.4, *и*) или лампу;

2) ускорения срабатывания реле. Два одинаковых по конструкции реле, например, реле *К4* (рис 8.4, *а*) и *К15* (рис. 8.4, *к*), имеют разное время срабатывания, если первое включено в схему, где напряжение питания его обмотки равно номинальному, а второе — в схему, где напряжение выше номинального и поэтому обмотка соединена последовательно с резистором. Отметим, что время срабатывания реле *К15* меньше, чем реле *К4*.

3) для гашения коммутационных перенапряжений, возникающих при отключении обмотки от источника питания (рис. 8.4, *л*). Обратим внимание на то, так включенный резистор может привести к увеличению времени отпускания реле. Поэтому для этих же целей чаще используют диоды, включаемые параллельно катушке реле, либо последовательно с резистором (рис. 8.4, *м*), либо без него (рис. 8.4, *н*). Диоды можно применять только в схемах постоянного тока и поэтому реле с катушками переменного тока шунтируют только резисторами;

• конденсаторы, включаемые параллельно обмоткам реле (рис. 8.4, *п, р*), применяют в схемах на постоянном токе для создания выдержки времени на отпускание. Однако при этом не следует забывать, что при этом увеличивается время срабатывания реле.

В схемах 5-ти вагонных секций БМЗ буквы индекса являются первыми буквами наименования оборудования: *Г* — генератор; *Д* — двигатель; *К* — контактор; *Р* — реле; *Пр* — предохранитель; *С* — соленоидный вентиль; *R* — резистор и т.д.

Цифры в обозначении элементов являются порядковым номером аппарата данного типа. Иногда вместо цифры указывают первые буквы из наименования узла, на который воздействует данный электрический аппарат (например, *ДВК* — двигатель вентилятора конденсатора, *СО* — соленоидный вентиль оттаивания, *РВ* — реле времени и др.). Линейные провода трехфазной сети обозначают буквами *А*, *В*, *С* и нулевой провод — буквой *N*. После первого аппарата эти провода обозначаются цифрами —*А1*, *В1*, *С1*, после второго аппарата — цифрами *А2*, *В2*, *С2* и т.д. Выводы обмотки статора трехфазного асинхронного двигателя и присоединяемые к ним провода обозначают индексами с цифрами, которые соответствуют номерам присоединяемых к ним проводов.

Участки (зажимы элементов схемы и соединяющие их провода) цепей постоянного тока положительной полярности маркируют нечетными числами, отрицательной полярности — четными.

Цепи переменного тока маркируют аналогично, т.е. все зажимы, присоединяемые к одной фазе, обозначают нечетными цифрами, а к другой фазе — четными. Общие точки соединений нескольких элементов на схеме имеют один и тот же номер. После прохождения цепи через катушку, контакт, сигнальную лампу, резистор номер изменяется. Для выделения отдельных видов цепей индексация производится так, чтобы цепи управления имели номера от 1 до 99, цепи сигнализации от 101 до 191. Контакты реле и контакторов имеют на схемах такие же буквенные обозначения, как и их катушки.

В схемах управления под обозначением катушек реле и магнитных пускателей расположены таблицы, указывающие действующие *ЗК* (замыкающие контакты) и *РК* (размыкающие контакты) аппарата. Количество цифр в столбцах таблицы соответствует количеству замыкающих или размыкающих контактов. Сама цифра указывает условную линию положения (вертикаль) контакта на схеме. Под обозначением контакта на схеме может быть поставлена цифра, указывающая линию положения на схеме его исполнительного прибора (реле, магнитного пускателя). Контактам присваивается буквенное или цифровое обозначение исполнительного прибора.

Монтажные обозначения в схемах указаны дробью: в числителе — номер прибора или клеммной колодки, в знаменателе — номер клеммы этого прибора или колодки.

Пример. К3/2 — читается так: К3 — реле времени, 2 — клемма реле; или 2U2X2/12–2U2–ГРЩ, X2 — клеммная колодка, 12 — номер клеммы, провода (для секции ZB-5).

Все электрические схемы даются при отключенном положении выключателей и переключателей.

8.3. Особенности электрических схем вагонов немецкой постройки, порядок чтения принципиальных схем

Схемы электрических цепей — основа документации по электрическому оборудованию вагонов. Техническая документация заводов немецкой постройки содержит принципиальные и монтажные электрические схемы. На принципиальной схеме все элементы и устройства электрической части вагона изображены условными

графическими обозначениями; показаны электрические соединения. В этих схемах питающие провода («плюс» и «минус») — горизонтальные линии, остальные — вертикальные линии между проводами питания. Этими схемами пользуются при ознакомлении с работой оборудования, при эксплуатации, особенно при выявлении причин неисправной работы отдельных цепей. Элементы одного и того же аппарата могут располагаться в различных местах схемы, поэтому для упрощения нахождения элементов на схемах введены «адреса». На монтажных электрических схемах, кроме электрических соединений, условно показано размещение элементов электрооборудования, а также подсоединение к контактным зажимам и прокладка проводов так, как это выполнено на вагоне. Все электрические схемы даны при отключенном положении выключателей и переключателей. Электрические соединения на схеме имеют свой индекс в виде условных обозначений, состоящих из букв и цифр. Такой же индекс имеют и соответствующие провода в вагоне. Буквенная часть индексов соединений несет определенную информацию. Провода аварийного освещения обозначаются *АО*, батареи (со стороны «плюса») — *БЗ*, вентилятора конденсатора — *В*, вентилятора батарейного ящика — *ВБ*, вентилятора вагона — *ВН*, генератора (со стороны «плюса») — *Г*, компрессора холодильной установки и компрессора водоохладителя — *К*, управления компрессорами обеих установок — *КУ*, цепей управления потребителями — *КЦ*, люминесцентных ламп — *ЛЛ*, минусовые общие — *МБ*, минусовые освещения — *МО*, ламп накаливания и диодного ограничителя напряжения сети освещения — *О*, электрокалорифера — *ОК*, электрокипятильника — *ОП*, низковольтной электромагистрали — *ПС*, управления электрокалорифером — *РО*, управления высоковольтными нагревательными элементами котла отопления и низковольтными электропечами — *РЭ*, сигнализации — *СУ*, преобразователя для люминесцентного освещения — *У*, циркуляционного насоса — *ЦО*, низковольтных электропечей и электроподогревателя масла в системе смазки компрессора — *Э*, высоковольтные (со стороны «плюса») — *ЭВ*, высоковольтный минусовой — *МВ*.

В условных обозначениях электрических соединений рядом с буквенным обозначением указана цифра. Электрическая цепь состоит из ряда элементов и аппаратов. Провода одной цепи имеют одинаковые буквенные обозначения, но разные цифровые индексы. Каждое соединение имеет свой индекс. Повторений индексов

на схеме нет. Соответственно назначению вагонного электрооборудования общую схему электрических цепей вагона можно разделить на отдельные части: *первая* часть относится к электроснабжению, вторая — к освещению, третья — к отоплению, четвертая — к охлаждению и вентиляции, пятая — к вспомогательным потребителям. У каждого элемента условное обозначение в виде индекса, поэтому, если элемент смонтирован в распределительном шкафу — он имеет трехзначный индекс. Если смонтирован в отдельном блоке, то имеет двух-, пяти-, семизначный индекс.

В схемах вагонов немецкой постройки приняты следующие буквенные обозначения элементов: выключатели, переключатели, тумблеры — *a, b*; кнопки, штепсельные розетки — *b*; контакторы — *c*; реле — *d*; автоматические выключатели, предохранители, тепловые реле — *e*; датчики, шунты — *f*; генераторы — *G*; измерительные приборы — *g*; сигнальные лампы, звонки — *h*; конденсаторы — *k*; электродвигатели и машинные преобразователи — *m, M*; аккумуляторная батарея, диоды — *n*; резисторы — *r*; электромагнитные вентили — *s*; электронагревательные аппараты, блоки — *u*; светильники, софиты, номерные фонари — *v*.

В индексе первая цифра обозначает принадлежность к части электрической схемы (в системе электроснабжения — *1*, в системе освещения — *2*, в системе отопления — *3*). Пример обозначения приборов дан на рис. 8.5.

После цифры, обозначающей принадлежность элемента к схеме, в трехзначном индексе стоит буква немецкого алфавита, соответствующая первой букве названия данного аппарата (*1c1* — буква «с» обозначает контактор, последняя цифра — порядковый номер элемента). Блоки на схеме условно показаны штриховыми линиями в виде прямоугольников, внутри которых или рядом указан индекс этого блока. Блоки имеют трехзначный индекс (*2u1* — блок относится к схеме освещения и имеет первый порядковый номер). Элементы, входящие в блок и показанные на схеме в пределах условного контура, имеют двузначный индекс (предохранитель *e1*). Если элементы смонтированы в одном блоке, но находятся в разных местах схемы, тогда блок не показывается прямоугольником, а всем его элементам присваиваются пятизначные индексы, состоящие из индекса блока (сначала), затем — индекса элемента (*1u1b1* — элемент *b1* — кнопка — относится к блоку *1u1*). Если элемент относится к аппарату, который установлен в отдельном блоке, а на схеме он показан вне блока,

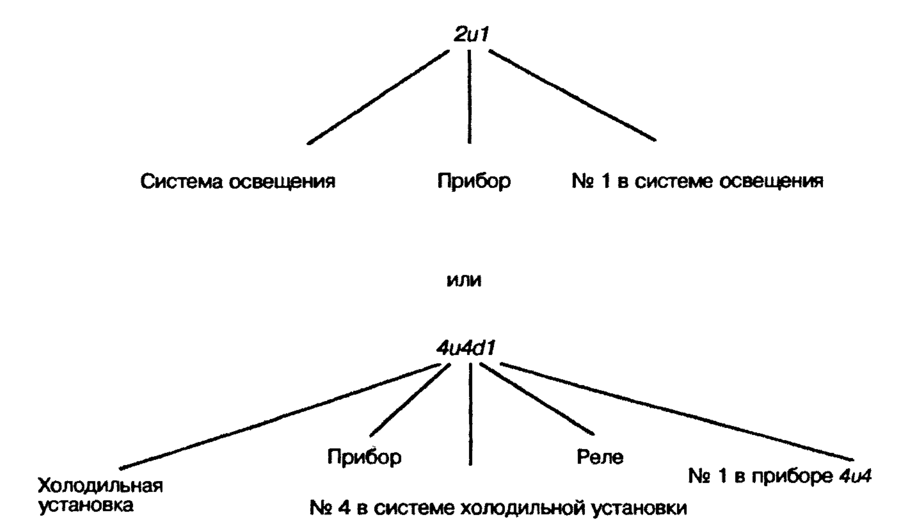


Рис. 8.5. Обозначение приборов

то ему присваивается семизначный индекс, состоящий из трех индексов — блока, аппарата и элемента. В блоках, имеющих простое устройство, изображены все элементы, в более сложных — отдельные элементы. Одинаковые элементы, смонтированные в разных блоках, могут иметь одинаковые двузначные индексы. Чтобы не спутать элементы (с одинаковыми индексами) при описании схемы, помимо их двузначного индекса указывается место цепи на схеме или индекс блоков, в которых они смонтированы. Для облегчения нахождения элементов на схеме существует определенная система адресов. По такой системе каждая параллельная (вертикальная) цепь электрической схемы пронумерована слева направо трехзначным номером: первая цифра обозначает принадлежность к части схемы, а две другие — порядковый номер цепи. Нумерация представлена рядом цифр внизу каждой части схемы. Все элементы схемы, принадлежащие одной вертикальной полосе (цепи), имеют один адрес — цифру, стоящую внизу (например, цепь электрокипятильника расположена над цифрой *523*. Тепловые реле *5e7* и *5e8*, три контакта контактора *5c4* и электронагревательный элемент *5u5* имеют одинаковый адрес *523* и обозначаются в тексте *5e7* (*523*), *5c4* (*523*) и т.д. (см. рис. 9.6, на вкладке).

На схемах приведена справочная таблица, содержащая адреса цепей катушек и контактов всех реле и контакторов. У контактов аппарата условное обозначение как у аппарата. В таблице рядом с индексом аппарата указаны адреса катушки, силовых контактов и замыкающих (размыкающих) блок-контактов (катушка контактора *2c3* находится в цепи *202*, три его силовых контакта — в цепи *209*, замыкающие блок-контакты — в цепях *202* и *211*, а размыкающие блок-контакты — в цепях *200* и *234*). Вагоны немецкой постройки имеют ряд особенностей построения схем. Схему включения контакторов и реле рассмотрим на примере контактора *4c1* (*445*). Он включается через свой, замкнутый в отключенном положении, блок-контакт *4c1* (*446*). После включения контактора блок-контакт размыкается, и в цепь питания катушки контактора вводится добавочный резистор. Это делается для уменьшения тока после включения контактора и, следовательно, сечения провода обмотки и габаритных размеров его катушки. Однако такая схема включения контактора имеет и недостаток. Введение резистора в цепь обмотки контактора сужает диапазон рабочих напряжений.

Действительно, контактор не сможет удерживаться во включенном состоянии при низких напряжениях, если был введен резистор в цепь его катушки. Такая же особенность имеется и в схемах промежуточных реле, например *3d2*, *4d9* и др. После их включения размыкающие контакты вводят в цепь катушки резистор. Для увеличения коммутационной способности контактора в силовых цепях электродвигателей вентилятора, компрессора водоохладителя, насоса отопления, преобразователя для люминесцентного освещения, а также в цепях электрокипятильника, низковольтных электропечей, электрокалорифера имеются три последовательно включенных контакта одного трехполюсного контактора. При отключении контактора происходит размыкание цепи одновременно в трех местах, что позволяет быстро и надежно погасить дугу. Когда для размыкания используют однополюсный контактор и дуга гасится в одном месте цепи, необходимы усиленные контакты и дугогасительная система контактора. Такой мощный контактор используется для включения электродвигателей компрессора и вентилятора конденсатора. Защита электрических цепей вагона от перегрузок и токов короткого замыкания осуществляется автоматическими выключателями в цепях, где токи не превышают 25 А, или предохранителями с плавкими вставками в цепях, где токи выше 25 А. Электродвигатели имеют

тепловую защиту. В отдельных цепях двигателей предусмотрено последовательное включение и предохранителя с плавкой вставкой, и автоматического выключателя. Такое дублирование защиты объясняется тем, что автоматические выключатели обеспечивают защиту от перегрузки, а предохранители не всегда защищают цепи от перегрузки, но надежно защищают их от токов короткого замыкания. Такая защита установлена в цепях электродвигателей вентиляторов системы вентиляции и холодильной установки. Все электрические цепи имеют защиту со стороны «плюс» и «минус». Постановка в одной цепи двух предохранителей повышает надежность защиты. В электрических цепях, не выходящих наружу вагона, параметры плюсового и минусового предохранителей одной цепи одинаковы. В цепях генератора и аккумуляторной батареи минусовые предохранители (под вагоном) имеют плавкие вставки с большим номинальным током, чем плюсовые предохранители (в распределительном шкафу). Это сделано для удобства обслуживания.

Особенности обозначения и схем включения ртутных контактных термометров (РКТ). Рядом с условным изображением и обозначением ртутного контактного термометра указываются его температурная уставка (температура, выше которой контакты термометра замыкаются и остаются замкнутыми) и место его установки на вагоне. Место его расположения на вагоне условно обозначается одной из букв: *L* — термометр установлен в вентиляционном канале; *R* — в пассажирском помещении, *K* — в котле системы отопления; *РКТ 3и10f3*(*453*) имеет уставку по температуре 18°С, находится в канале приточного воздуха (*L*) и смонтирован на панели термостата *3и10*. *РКТ* рассчитаны на небольшую разрывную мощность и не могут работать при высоком напряжении и большой силе тока. Контакт ртутного термометра не может непосредственно разомкнуть цепь катушки контактора. Поэтому в цепях с *РКТ* устанавливается промежуточное реле, контактами которого включаются контакторы — усилительное звено. Катушка промежуточного реле соединена последовательно с *РКТ*, и при разрыве цепи в ней появляются кратковременные перенапряжения. Для защиты контактов ртутных термометров катушки зашунтированы диодом. При размыкании контакта от ЭДС самоиндукции в контуре катушка-диод протекает уменьшающийся ток. Таким путем контакт защищается от перенапряжений.

В схемах вагонов широко используются многоконтактные, многопозиционные пакетные выключатели. Их начертания и порядок замыкания, указанные на схемах, имеют характерные особенности. Рассмотрим их на примере переключателя *3b2*. Главный режимный переключатель имеет пять фиксированных положений (позиций): *1* — отключено, *2* — отопление в переходный период, *3* — основное отопление, *4* — дежурное отопление, *5* — охлаждение. На схеме эти позиции обозначены цифрами *1–5*, а справа от них трапециями помечены позиции, на которых замкнуты контакты переключателя. На позиции «отключено» все контакты переключателя разомкнуты; на позиции «отопление в переходный период» замкнуты его контакты в цепях управления вентилятором (*I* — ступень), электрокалорифером и электропечами; на позиции «основное отопление» замкнуты его контакты в цепях управления вентилятора (*I* — ступень), электрокалорифером, магнитным клапаном водяного калорифера, электропечами и высоковольтными электронагревательными элементами котла отопления; на позиции «дежурное отопление» замкнуты его контакты в цепях управления высоковольтными электронагревательными элементами котла; на позиции «охлаждение» замкнуты его контакты в цепях управления вентилятором (*I* и *II* ступени) и холодильной установкой. У главного переключателя *2a2* четыре позиции: «Отключено», «Дневной режим», «Ночной» и «Служебный режимы». На первой позиции, положение *0*, контакты переключателя разомкнуты, все потребители отключены, но на ходу поезда генератор заряжает аккумуляторную батарею. В положении «Дневной режим» обеспечивается возможность включения любого потребителя и сигнализации. Соответствующими выключателями можно включить хвостовые сигнальные фонари, светильник в котельном отделении и подать напряжение в розетки (в коридорах, служебном купе, распределительном шкафу). В положении «Ночной режим» по сравнению с положением «Дневной режим» дополнительно включаются аварийное освещение, синий свет, светильники для чтения, светильники под вагоном и посадочные фонари. В положении «Служебное купе» по сравнению с положением «Дневной режим» дополнительно включаются аварийное освещение в служебном купе, аварийное освещение, светильники для чтения в купе для отдыха проводников.

Условные обозначения на электрических схемах пассажирских вагонов немецкой постройки приведены в табл. 8.3.

Таблица 8.3

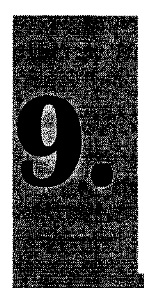
Наименование	Условные графические обозначения в схемах вагонов	
	по ЕСКД	по ТГЛ (немецкие)
Обмотка последовательного возбуждения машины постоянного тока		
Обмотка параллельного возбуждения машины постоянного тока		
Контакт электрического реле:	*Форма I Форма II*	
а) замыкающий		
б) размыкающий		
в) переключающий	или	
Контакт контактора, блок-контакт электрического аппарата:		
а) замыкающий		
б) размыкающий		
в) переключающий	или	

Наименование	Условные графические обозначения в схемах вагонов	
	по ЕСКД	по ТГЛ (немецкие)
Контакт штепсельного разъема: а) штепсель б) гнездо		
Контакт выключателя и переключателя: а) замыкающий	или	(Δ)
б) размыкающий		
в) переключающий		
Пакетный переключатель		5 4 3 2 1
Кнопка с самовозвратом и замыкающим контактом		
Кнопка с самовозвратом и размыкающим контактом		
Контакт электротеплового реле при разнесенном способе изображения реле		

Наименование	Условные графические обозначения в схемах вагонов	
	по ЕСКД	по ТГЛ (немецкие)
Выключатель автоматический		
Датчик нагрева букс	Т	
Ртутно-контактный термометр	Т	t°
Электронагреватель		
Регулируемый резистор (реостат): а) общее обозначение		
б) без разрыва цепи		
Угольный столб		
Терморезистор (термистор) прямого подогрева	t°	
Лампа накаливания сигнальная		
Лампа накаливания осветительная: общее обозначение		

Наименование	Условные графические обозначения в схемах вагонов	
	по ЕСКД	по ТГЛ (немецкие)
синего цвета аварийного освещения софитная с выключателем хвостовых сигнальных фонарей		
Лампа газоразрядная осветительная		
Обмотка реле, контактора		
Реле минимального напряжения с выдержкой времени при срабатывании		f(u, t)
Обмотка реле минимального напряжения	U <	U <
Обмотка реле времени с замедлением при отпускании		
Плавкий предохранитель		
Шунт		
Конденсатор постоянной емкости		+
Конденсатор электролитический	+	+

Наименование	Условные графические обозначения в схемах вагонов	
	по ЕСКД	по ТГЛ (немецкие)
Соленоидный вентиль		
Диод		
Стабилитрон		
Тиристор		
Транзистор структуры *p-n-p*		
Транзистор структуры *n-p-n*		



9. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

9.1. Электрооборудование пассажирских вагонов с комплексом энергоснабжения ЭВ10.02.26

9.1.1. Принципиальная электрическая схема

Принципиальная электрическая схема электрооборудования вагона с комплексом энергоснабжения ЭВ10.02.26 представлена на рис. 9.1 (см. вкладку).

Рассмотрим работу электрооборудования вагона путем поочередного анализа цепей, обеспечивающих функционирование отдельных его групп. К таким группам относятся: машины, аппараты и устройства силовых цепей вагона, цепи управления, регулирования и защиты источников электроэнергии, цепи управления процессом зарядки аккумуляторной батареи и отопления вагона, цепи технологической сигнализации, контроля и др.

9.1.2. Силовые цепи электрооборудования

Силовые цепи вагона разделены на две изолированные друг от друга части: низковольтную с напряжением постоянного тока 50±3 В и высоковольтную с напряжением 3 кВ.

Как уже отмечалось ранее, низковольтная часть потребителей вагона может получать электроэнергию от генератора *G* (цепь 24), аккумуляторной батареи *Gb* (12) и низковольтной поездной магистрали НПМ, подключаемой через штепсельные разъемы *X9, X10* (76), автоматический выключатель *F27* (77) плюсовой цепи, предохранитель *F11* (14) минусовой цепи. Подключение системы энергоснабжения вагона к низковольтной поездной

магистрали осуществляется режимным переключателем *S6* (14, 74, 77, 78).

Основная силовая обмотка статора *1C1, 1C2, 1C3* (22–26) через разъем *X1* и предохранители *F4 – F6* (28) подключена к основному силовому выпрямителю на полупроводниковых диодах *V1 – V6* (34). Положительный полюс выпрямителя (провод 25) через обмотку подмагничивания *A1.4* (36) магнитного усилителя, сериесную обмотку *02 – 01* (41) возбуждения генератора и шунт *E2* (43) подключается к контактам контактора *K2* (74) и переключателя *S6* (74, 77). Через замыкающийся контакт *K2* (74) подключаются потребители отключаемой цепи (провод 61), а через контакты переключателя *S6* (77) — потребители неотключаемой цепи (провод 191).

Включение потребителей вагона через сериесную обмотку возбуждения генератора обеспечивает стабилизацию напряжения генератора при изменении нагрузки и способствует созданию первоначального магнитного потока генератора.

Положительный полюс выпрямителя через шунт *E1* (34) соединяется также с диодами *V7, V8* (31), размыкающимися контактами *K1* (17) батарейного контактора, а через предохранители *F3* (26), *F12* (11) с тумблером цепи управления *S5* (3).

Отрицательный полюс выпрямителя (провода 50) через предохранитель *F2* (13) соединен с минусом батареи, а также с предохранителями (минусовыми) отключаемых потребителей (76–90), обмоткой смещения *A1.5* (31) магнитного усилителя и шунтовой обмоткой *И1 – И2* (62) генератора. К минусу батареи, а, следовательно, и к отрицательному полюсу выпрямителя, через предохранитель (15) подключен минусовой провод 52 неотключаемых потребителей (80–138). Параллельно проводам 25 и 50 силового выпрямителя через предохранители *F1* и *F2*, контакторы контактора *K1* подключена вагонная батарея, работающая в режимах разряда на потребители через размыкающийся контакт *K1* (19) или заряда от генератора через замыкающийся контакт *K1* (17). Однако независимо от режима работы батарея остается подключенной к общим проводам 5 и 50, 52 через предохранитель *F3* (26) и диод *V17* (12) для снижения уровня возможных коммутационных перенапряжений в системе.

Вагонный генератор имеет две обмотки возбуждения: последовательную (сериесную) *01–02* (41) и параллельную (шунтовую) *И1 – И2* (62), подключенную через разъем *X3* и замыкающийся контакт *K6* (57) к регулятору напряжения генератора (блок *A7*).

Потребители электроэнергии вагона подключаются к энергоузлу с помощью силового контактора *K2* (74) и режимного переключателя *S6* (77), а включаются в работу индивидуальными устройствами коммутации: выключатели, контакторы и реле. Кроме того, каждая группа однородных потребителей подключена к общим шинам питания через собственные предохранители, установленные в плюсовых и минусовых проводах. Непосредственное подключение к батарее имеют блоки *U2*, *U3* (преобразователей напряжения для электробритв) через выключатель *S12* (4) и размыкающийся контакт *K1* (7). В режиме разряда батареи эти блоки подключены на полное напряжение батареи через предохранитель *F26* (11) и контакт *K1*, а в режиме зарядки, когда напряжение батареи возрастает на 25–40%, блоки соединяются с отводом через предохранитель *F63* и диод *V11* (5).

К силовой части зарядных цепей комплекса электрооборудования, кроме основной силовой обмотки генератора и выпрямителя *V1–V6*, относится дополнительная силовая обмотка *2C1*, *2C3* (21) со средней точкой *2C2*, предохранители *F2* и *F8* (25), рабочие обмотки *A1.1* и *A1.2* (28) магнитного усилителя, диоды *V7* и *V8* (31), контактор батареи *K1* (17).

Режимный переключатель *S6* имеет следующие положения: «Нормальный режим»; «Питание от магистрали»; «Подача в магистраль». При работе потребителей от собственных источников переключатель находится в положении «Нормальный режим» и через его замкнутые контакты в цепи *77* напряжение с батареи или выпрямителя подается в провод *191*, к которому подключены неотключаемые потребители вагона.

При неисправностях системы энергоснабжения вагона предусмотрена возможность его подключения к системе энергоснабжения соседнего вагона. Для этого необходимо соединить низковольтные межвагонные разъемы *X9 – X10* двух соседних вагонов, включить автоматические выключатели *F27* (78). В неисправном вагоне режимный переключатель *S6* необходимо установить в положение «Питание из магистрали». При этом будут замкнуты его контакты в цепях *14* и *78*. В исправном вагоне переключатель *S6* ставится в положение «Подача в магистраль», обеспечивая замыкание контактов в цепях *14*, *74* и *78*. В неисправном вагоне напряжение подается в провод *191* неотключаемой цепи, от которой получают питание сигнальные и посадочные фонари, вызывная сигнализация, система контроля

нагрева букс, цепи освещения вагона и цепи управления высоковольтным отоплением.

Силовая часть высоковольтного электрооборудования вагона состоит из однопроводной поездной магистрали *ВПМ* со штепсельными разъемами *X21* и *X22* (105), высоковольтного переключателя *S59* (110), высоковольтного предохранителя *F73* (115), контактора *K8* (117), дифференциального реле защиты *K28* (125), блока *E3* (130) с нагревательными элементами котла. Контроль наличия напряжения в поездной высоковольтной магистрали осуществляется с помощью реле *K27* (132), которое получает питание через делитель напряжения на резисторах *R73 – R80* (119–123) и выпрямитель *V22* (123).

9.1.3. Цепи управления энергоузлом вагона

Схема управления энергоузлом вагона (4–42) получает питание через предохранители *F12* (10), *F23* и *F13* (15) и включается тумблером *S5* (3 и 8). При переводе тумблера S5 из положения «Отстой» в положение «Управление» замыкаются его контакты в цепях *8* и *3*.

При замыкании контакта *S5* (8) включаются сигнальная лампа *H22* «Защита генератора» и лампы *H28*, *H50* (9 и 10) освещения пульта управления вагона, которые получают питание по цепи: плюс аккумуляторной батареи *Gb* (12), предохранитель *F26* (11), провод *55*, замкнувшийся контакт *S5* (8), сигнальная лампа *H22* (7), провод *229*, резистор *R14*, провод *223*, размыкающийся контакт *K6* (11), минус *Gb*.

При замыкании контактов *S5* (3) напряжение подается на провод *75* цепи управления по цепи: плюс *Gb*, предохранитель *F1* (13), провод *1*, размыкающийся контакт *K1* (19), провод *5*, предохранитель *F12* (10), провод *7*, замкнувшийся контакт *S5* (3), провод *75* цепи управления. Минусовой провод *27* цепей управления подключен к минусу батареи через предохранители *F23* и *F13* (15). При наличии напряжения на проводе *75* включается реле *K29* (32), если напряжение аккумуляторной батареи выше 41 В, получая питание по цепи: провод *75*, контакт *Б7* блока защиты, контакт *Б6*, провод *72*, катушка реле *K29*, минусовой провод *50*. При включении *K29*:

— разомкнувшимся контактом в цепи *8* разрывается цепь питания лампы *H23* (8) «Защита батареи»;

— замкнувшимся контактом в цепи *17* подготавливается к включению контактор *K2*;

— разомкнувшимся контактом в цепи *40* разрывается шунтирующая цепь питания катушки реле *K7*, включенная последовательно с замыкающимся контактом контактора *K1* (37).

Эта цепь служит для исключения возможности возникновения «звонкового» режима работы контактора *K1* в случае пробоя вентилей *V4∑V6*. Для этой же цели питание катушки контактора через контакт блока реле частоты осуществляется от аккумуляторной батареи по цепи: плюс *Gb*, предохранитель *F1*, провод *1*, предохранитель *F75* (17), провод *42*, резистор *R8* (41), провод *46*, контакт *A4 БРЧ*, замыкающийся контакт реле *БРЧ*, контакт *A5*, провод *125*, катушка *K1* (52), минусовой провод *27*.

Одновременно напряжение с контакта *Б7* блока защиты через перемычку внутри блока подается на контакт *A8*, а с него по проводу *58* на контакты кнопки *S4* (17) «Возврат защиты» и *S14* (13) «Аварийная».

При нажатии на кнопку *S4* (17) включается контактор *K2* и реле *K6*. Катушка контактора *K2* получает питание по цепи: провод *58*, верхний по схеме замкнувшийся контакт *S4*, диод *V9* (17), катушка *K2*, замкнувшийся контакт *K29* (17), минусовой провод *27*. Одновременно напряжение по проводу *24* подается на контакт *A6* блока защиты, обеспечивая включение реле пониженного напряжения *K29* при напряжении батареи выше 41 В.

Замкнувшимся контактом *K2* (15) реле самоблокируется через резистор *R2* (15), а замкнувшимся силовым контактом в цепи *75* подает напряжение на провод *61* энергоемких потребителей по цепи: плюс *Gb*, предохранитель *F1* (13), провод *1*, размыкающийся контакт *K1* (19), провод *5*, шунт *E1* (3), обмотки подмагничивания *A1.4* (36) магнитного усилителя, сериесная обмотка *01–02* (40) генератора, провод *43*, шунт *E2* (43), провод *192*, замкнувшийся контакт *K2* (75), провод *61*. Одновременно напряжение подается на контакты переключателя *S6* (74 и 77).

При нажатии на кнопку *S4*, через замкнувшийся нижний по схеме контакт кнопки, напряжение подается на катушку реле *K6* (14).

При включении *K6*:

— замкнувшимся контактом *K6* (14) реле самоблокируется;

— разомкнувшимся контактом *K6* (11) выключается сигнальная лампа *H22* (7) «Защита генератора» и лампы освещения пульта управления *H28* (9), *H50* (10);

— замкнувшимся контактом *К6* (57) шунтовая обмотка возбуждения *И1 – И2* (62) подключается к выходу *РНГ* (контакты *А6* и *Б3*).

Для дальнейшей подготовки электрооборудования вагона к работе необходимо:

— тумблер *S3* (18) «Напряжение» установить в положение «Генератор-батарея», при этом вольтметр *PV* (18) должен показывать напряжение 50±15 В в зависимости от степени зарядки батареи;

— тумблер *S1* (36 и 39) «Нагрузка» установить в положение «Батарея»;

— переключатель *S6* «Питание» установить в положение «Нормальный режим», при этом через замкнувшийся контакт *S6* (77) напряжение подается на провод *191* неотключаемых цепей;

— переключатель выбора режима зарядки аккумуляторной батареи *S2* установить в положение «Автоматика», обеспечивая замыкание его контактов в цепях *55*, *58* и *61*;

— тумблер *S10* и *S11* (5) «Контроль изоляции» установить в положение «Включено» и убедиться, что обе сигнальные лампы *H13* и *H14* (5) горят в полнакала с одинаковой яркостью;

— тумблер *S7* (93) «Контроль температуры букс» должен находиться в положении «Норма», а сигнализация не должна срабатывать.

9.1.4. Цепи регулирования напряжения генератора

Регулирование напряжения генераторов с целью его стабилизации на уровне 50±3В во всем диапазоне рабочих скоростей движения вагона обеспечивает специальный блок *А7* (39–47), подключаемый к цепям управления энергоузлом с помощью разъема *Х4*. Вход блока подключен к стороне переменного тока силового выпрямителя через предохранители *F9*, *F10*, *F22* (40).

Блок *РНГ* имеет два выхода: первый, подключаемый к проводам 63 и 50, обеспечивающий напряжением 50 В питание блока реле частоты *А4* (39–45) и реле контроля напряжения *К9* (49), и второй, шунтированный контактом *К9* (49) и резистором *R7*, подключаемый к параллельной обмотке возбуждения с помощью контакта реле *К6* (57). РНГ представляет собой импульсно-тиристорный усилитель с естественной коммутацией, который регулирует среднее значение тока в обмотке возбуждения генератора с такими расчетом, чтобы сохранялось неизменным напряжение на выходе выпрямителя.

Напряжение генератора пропорционально скорости движения. Когда напряжение генератора достигнет значения 42 В, срабатывает реле *K9* и отключает разомкнувшимся контактом в цепи *49* шунтирующую цепь блока с резистором *R7*. С этого момента возбуждением генератора управляет блок *А7*.

Одновременно замкнувшимся контактом в цепи *59* реле *К9* подключает катушки реле *К5* (58) и *К20* (62) к минусовому проводу *27*, обеспечивая включение кипятильника или двигателя вагонного вентилятора на высокую частоту вращения. При работе *РНГ* открытие и закрытие тиристора регулятора происходит с большой частотой и среднее значение тока в обмотке возбуждения генератора определяется значением относительности замкнутой цепи возбуждения. При увеличении скорости движения вагона напряжение генератора стремится возрасти за счет увеличения числа оборотов ротора. Одновременно возрастает частота тока, а значит, уменьшается относительная замкнутость цепи возбуждения, что приводит к уменьшению среднего значения тока обмотки возбуждения. Следовательно, уменьшение тока обмотки возбуждения и магнитного потока генератора препятствует росту напряжения.

При работе регулятора относительная замкнутость цепи обмотки возбуждения автоматически изменяется так, что при изменении частоты вращения ротора генератора и тока нагрузки напряжение остается стабильным, приблизительно равным напряжению уставки регулятора.

9.1.5. Цепи переключения источников питания в энергоузле

Переход на питание потребителей вагона с резервного источника (аккумуляторной батареи) на основной (генератор) определяется скоростью движения вагона (частотой вращения ротора генератора) и потребляемой мощностью. Так как генератор при включенной энергосистеме находится в режиме самовозбуждения, то он может быть использован в качестве датчика скорости, поскольку частота индуктируемых ЭДС в обмотках статора пропорциональна частоте вращения ротора.

Управляющим устройством переключения источников питания является блок реле частоты — блок *А4* (37–44). Блок реле частоты (*БРЧ*) включает и отключает батарейный контактор

К1 (52) при достижении или снижении частоты вращения ротора генератора в пределах 900–1050 оборотов в минуту. При срабатывании контактора *К1* его разомкнувшимся контактом в цепи *18* потребители вагона отключаются от батареи; замкнувшимся контактом в цепи *17* аккумуляторная батарея подключается к средней точке дополнительной силовой обмотки *2С2*; разомкнувшимся контактом в цепи *7* преобразователи *U2, U3* отключаются от полного напряжения батареи.

Контактор *К1* производит бестоковую коммутацию, так как к моменту переключения ток нагрузки практически полностью потребляется от генератора. Диод *V35* (51) шунтирует катушку *К1* в обратном направлении и снижает уровень перенапряжения при коммутации тока в ней.

Входными клеммами блока реле частоты *БРЧ* (37–44) являются клеммы *А1, А3, А4, Б1–Б5*. Клемма *Б1* соединяется минусовым потенциалом системы энергоснабжения вагона. Контакт *Б4* проводом *63* подключается к оперативному напряжению +50 В, получаемому от блока *РНГ*, а контакт *Б3* — к оперативному напряжению +50 В цепей управления системой энергоснабжения вагона (провод 45). Контакты *А1, Б2* и *А3* обеспечивают подключение к *БРЧ* корректирующих цепей по изменению частоты переключения в зависимости от величины нагрузки (электромашинный преобразователь *U1*, кипятильник *Е15* и электродвигатель вентилятора вагона *М1*). Контакт *Б5* является измерительным входом *БРЧ* и проводом *6* подключается к фазе *1С2* генератора. Контакт *А4* проводом *46* через резистор *R8* (41) и предохранитель *F75* (17) подключается к плюсовой цепи аккумуляторной батареи. Выходным устройством *БРЧ* является электромагнитное реле *К1*, замыкающимся контактом которого соединяют контакты *А4* и *А5* блока, обеспечивая подачу напряжения на катушку батарейного контактора *К1* (52).

9.1.6. Цепи зарядки вагонной аккумуляторной батареи

Для обеспечения зарядки аккумуляторной батареи в зависимости от температуры воздуха в аккумуляторном ящике и степени зарядки батареи необходимо регулировать напряжение в пределах 60–72 В. Это напряжение получается в результате суммирования выпрямленных напряжений основной и дополнительной обмоток по цепи: «плюс» выпрямителя *V1–V6* (35), провод *25*,

шунт *E1*, провод *5*, диоды *V7* и *V8* (31), рабочие обмотки *A1.1* и *A1.2* (28) магнитного усилителя, предохранители *F7* и *F8* (25), дополнительные силовые обмотки *2C1* и *2C3* (21), замыкающийся контакт *K1* (17), предохранитель *F1* (14), «плюс» батареи.

Регулирование напряжения зарядки осуществляется магнитным усилителем *A1* путем изменения индуктивного сопротивления его рабочих обмоток *A1.1* и *A1.2*. Его состояние определяется величиной тока в обмотке управления *A1.3* (53), которая подключена через выпрямительный мост *V16* и группу конденсаторов *C5* (56) емкостью 0,5 мкФ, *C2* (58) — 6 мкФ и *C3* (58) — 2 мкФ к двум фазам основной обмотки (провода 6 и 26). Величина зарядного напряжения пропорциональна току обмотки управления магнитного усилителя, а он в свою очередь – проводимости участка цепи с конденсаторами *C5*, *C2* и *C3*.

Дискретное управление проводимостью цепи путем подключения одного, двух или трех конденсаторов производится или вручную переключателем *S2* (55, 56, 58, 61), или автоматически с применением блока реле температур (блок *A3*) и блока *A5* с терморезисторами. Блок *A5* установлен в аккумуляторном ящике вагона.

При ручном управлении переключателем *S2* устанавливаются следующие режимы заряда: «Малый заряд», «Средний заряд» или «Полный заряд».

В режиме «Малый заряд» все контакты переключателя *S2* разомкнуты. При этом последовательно с обмоткой управления *A1.3* включен конденсатор *C5* (56), имеющий минимальную емкость. Проводимость цепи обмотки управления будет минимальной, следовательно, ток в обмотке управления и магнитный поток в сердечнике магнитного усилителя также будут минимальными. Индуктивное сопротивление рабочих обмоток *A1.1* и. *A1.2* магнитного усилителя при этом имеет наибольшее сопротивление, а ток зарядки будет минимальным.

В режиме «Средний заряд» будет замкнут контакт *S2* (56), соединяющий провода *62* и *36*, что обеспечивает включение конденсатора *C3* параллельно конденсатору *C5*. При этом проводимость цепи обмотки управления. *A1.3* (53) увеличивается, что в конечном итоге вызовет уменьшение индуктивного сопротивления рабочих обмоток магнитного усилителя и увеличение тока зарядки.

В режиме «Полный заряд» замкнутыми контактами *S2* (56)

соединяются провода *62–36* и *62–80*, т.е. параллельно конденсатору *С5* будут включены конденсаторы *С3* и *С2*, обеспечивая существенное увеличение проводимости цепи обмотки управления *А1.3* магнитного усилителя, а следовательно, увеличение зарядного тока батареи.

В режиме «Автоматика» изменение тока зарядки аккумуляторной батареи обеспечивается блоком реле температур *А3* при установке переключателя *S2* в положение «Автоматика». В этом положении переключателя *S2* замкнуты его контакты в цепях *55*, *58* и *61*.

Входными контактами блока *А3* являются: *Б1*, *Б4*, *Б5* и *А3* (67), две последние из них осуществляют подключение блока к источнику питания энергоузла (с полярностью «минус» на контакте *Б1* и «плюс» на контакте *А3*). В качестве источника питания используются общие цепи управления напряжением 50 В, подключаемые к блоку через балластный резистор *R40* (53) сопротивлением 200 Ом. Измерительным входом блока являются контакты *Б4* и *Б5*, к которым подключаются термодатчики *R1–R4* (58-60) относительно положительного плюса источника питания (контакт А3). Термодатчики *R1-R4* находятся в аккумуляторном ящике. Выходными контактами блока являются контакты *А4*, *А1* и *А5*, к которым подключены контакты исполнительных реле *К1* и *К2* блока.

При температуре наружного воздуха выше +15°С оба исполнительных электромагнитных реле блока включены, и в цепь обмотки управления *А1.3* магнитного усилителя включен конденсатор *С5* (56), обеспечивая зарядку батареи в режиме «Малый заряд».

При снижении температуры наружного воздуха сопротивление терморезисторов *R1–R4* (58-60) увеличивается, что вызывает увеличение падения на них. Когда температура воздуха станет ниже +15°С, включается реле *К1* блока и своим замкнувшимся контактом соединяет контакты *А5* и *А4* блока. При этом параллельно конденсатору *С5* (56) включается конденсатор *С3* (58), обеспечивая переключение на режим «Средний заряд».

Если температура воздуха становится ниже –15°С, то срабатывает реле *К2* блока и своим замкнувшимся контактом соединяет клеммы *А5* и *А1* блока БРТ. Параллельно конденсатору *С5* включается конденсатор *С2* (58), обеспечивая увеличение проводимости цепи обмотки управления *А1.3* и переключение на режим «Полный заряд».

Конденсаторы *С2, С3* и *С5* обеспечивают также компенсацию изменения индуктивного сопротивления рабочих обмоток магнитного усилителя *А1* в зависимости от частоты тока, которая изменяется при изменении скорости движения вагона. При увеличении частоты тока индуктивное сопротивление рабочих обмоток увеличивается, а емкостное сопротивление конденсаторов уменьшается, увеличивая проводимость цепи обмотки управления магнитного усилителя.

Увеличение нагрузки на основные обмотки генератора вызывает увеличение тока в сериесной обмотке возбуждения генератора *01–02* (41) и, следовательно, увеличение напряжения в дополнительных обмотках. Для компенсации повышенного в данном случае увеличения зарядного напряжения в магнитном усилителе имеется обмотка подмагничивания *А1.4* (36), включенная в цепь нагрузки.

Направление тока в этой обмотке противоположно направлению тока в обмотке управления *А1.3*. Такое включение обеспечивает уменьшение зарядного тока при увеличении тока нагрузки.

Обмотка смещения *А1.5* (30) помогает достичь необходимого минимального значения зарядного тока.

9.1.7. Устройства защиты энергоузла и потребителей вагона

На вагонах с комплексом энергоснабжения ЭВ10.02.26 большое внимание уделено защите электрооборудования и снижению его пожароопасности в переходных и аварийных режимах работы. Защита электрооборудования отдельных функциональных групп или отдельных потребителей от токов коротких замыканий обеспечивается с помощью предохранителей, установленных в плюсовой и минусовой цепях. Состояние изоляции силовых цепей и цепей управления вагона контролируется специальной схемой (5), состоящей из последовательно включенных: *S10, H13, R20, R21, H14, S11*. Средняя точка этой цепи соединена с корпусом вагона (провод 100). При нормальном состоянии изоляции в системе и включенных тумблерах *S10* и *S11* обе сигнальные лампы *H13* и *H14* горят в половину накала с одинаковой яркостью. При пробое изоляции, например провода *7*, лампа *H13* шунтируется и гаснет, а лампа *H14* окажется под полным напряжением сети и будет светиться полным накалом.

Кроме отмеченного выше, в комплексе предусмотрены защиты:

— от коммутационных перенапряжений;

— от повышенного напряжения в системе энергоснабжения вагона;

— от несимметричного режима работы генератора;

— от перегорания предохранителя *F1* (14) плюсовой цепи аккумуляторной батареи;

— от чрезмерного разряда аккумуляторной батареи.

Указанные виды защит обеспечиваются специальным блоком защиты *БЗ* (блок А6), который через контакты разъема *X27* (27) подключается к системе энергоснабжения вагона.

Выходными клеммами блока являются клеммы *Б4* и *Б6*, к которым подключены соответственно катушки реле *К7* (41) и *К29* (32). Реле *К7* выполняет роль реле максимального напряжения (РМН), а реле *К29* – реле пониженного напряжения (РПН). В нормальном состоянии реле *К7* выключено, а реле *К29* включено.

Исполнительным элементом каналов защиты от повышенного напряжения, коммутационных перенапряжений, несимметричного режима работы генератора и целостности предохранителя *F1* плюсовой цепи аккумуляторной батареи является тиристор *V1* блока, подключенный к блоку *Б4* (выход РМН).

Входными контактами канала защиты от повышенного напряжения являются контакты *А2*, *В2* и *Б3*, подключенные к основным силовым обмоткам генератора. Если напряжение основных силовых обмоток становится более 60 В, тиристор *V1* открывается и реле *К7* (41) включается. При срабатывании реле *К7* размыкаются его контакты в цепи *13*, что вызовет отключение реле *К6* (13).

При выключении реле *К6* в схеме происходят следующие изменения:

— разомкнувшимся контактом в цепи *57* обмотка возбуждения *И1 – И2* (62) отключается от регулятора напряжения генератора;

— замкнувшимся контактом *К6* в цепи *11* включается сигнальная лампа *Н22* (7) «Защита генератора», а также лампы *Н28* (9) и *Н50* (10), установленные в пульте управления вагона;

— разомкнувшимся контактом в цепи *13* снимается самоблокировка реле *К6*, предотвращая его повторное включение без нажатия кнопки *S4* (17) «Возврат защиты».

Канал защиты от коммутационных перенапряжений подключен к контакту *А1* блока защиты. При повышении амплитудного значения напряжения в цепях нагрузки выше 125±5 В открывается тиристор *V1* блока, включая реле *К7* (41). Дальнейшее отключение оборудования происходит в последовательности, описанной выше.

Канал контроля целостности предохранителя F1(19) подключается к контактам *А3* и *А4* блока защиты. При исправном предохранителе потенциалы указанных контактов блока одинаковы. При перегорании предохранителя потенциал контакта *А3* блока становится выше потенциала контакта *А4*, что вызовет срабатывание защиты в последовательности, описанной выше.

Канал защиты от несимметричного режима работы генератора подключается к контакту *Б1* блока защиты. К этому контакту подключается искусственная нулевая точка генератора, образованная резисторами *R41 – R43* (22–26). Вторая искусственная нулевая точка образована резисторами *R14 – R16* блока. При перегорании любого из предохранителей *F4– F6* (28), *F10*, *F22*, *F9* (41) или обрыве любой фазы основной силовой обмотки или нарушении контактов разъема *Х1*, между указанными нулевыми точками возникает разность потенциалов, что вызовет срабатывание блока защиты.

Канал защиты от чрезмерного разряда аккумуляторной батареи подключается к клемме *Б7*. Если при неработающем генераторе напряжение батареи становится ниже 41±1 В, реле пониженного напряжения *К29* (32) выключается. При выключении реле *К29* в схеме происходят следующие изменения:

— замкнувшимся контактом в цепи *9* включается сигнальная лампа *Н23* (9) «Защита батареи»;

— разомкнувшимся контактом в цепи *17* выключается реле *К2*.

При выключении реле *К2* его разомкнувшимся контактом в цепи *75* отключаются энергоемкие потребители. Одновременно вторым разомкнувшимся контактом *К2* (16) разрывается основная цепь питания реле *К6*.

Блок защиты обеспечивает задержку срабатывания РПН при кратковременном снижении напряжения батареи, возникающем при пуске электромашинного преобразователя *U1*. Для этого, при замыкании контакта кнопки *S40* (54), на клемму *Б5* блока защиты подается напряжение подпитки, что обеспечивает задер-

жку срабатывания на 5÷10 с, необходимое для восстановления напряжения.

9.1.8. Схема цепей энергоемких потребителей

Энергоемкие потребители вагона (цепи 54–102) подключаются к системе энергоснабжения вагона замыкающимся контактом *K2* (74) и относятся к отключаемым потребителям. К ним относятся: электродвигатель *M1* (76) вагонного вентилятора, нагревательные элементы *E15* (81) комбинированного кипятильника, водоохладитель *E16* (82), электрические розетки *X16–X19* (85), электродвигатель *M2* (88) циркуляционного насоса системы отопления, электромашинный преобразователь *U1* (90–93) и электродвигатель *M3* (83) насоса для перекачки воды.

Защита электродвигателя вентилятора вагона от коротких замыканий осуществляется предохранителями *F37* (78) и *F38* (76). Выбор режима работы вентилятора осуществляется с помощью переключателя *S16*, который имеет следующие положения: Лето-Зима-0-Низкие-Высокие. Режимы работы «Низкие» и «Высокие» соответствуют ручному управлению, а «Зима» и «Лето» — автоматическому.

При постановке переключателя *S16* в положение «Низкие», замыкаются его контакты в цепи *72*, соединяя провода *157* и *119*. При этом включается контактор *K18* (67) и сигнальная лампа *H18* «Вентилятор». Замкнувшимся контактом в цепи *78* контактор *K18* включает электродвигатель *M1*. Напряжение в обмотку якоря подается через пусковой резистор *R45*, а шунтовая обмотка возбуждения включается под напряжение сети, что обеспечивает работу вентилятора на низких оборотах.

Для работы двигателя вентилятора на высоких оборотах переключатель *S16* необходимо установить в положение «Полные». Замкнувшимся контактом *S16* в цепи *78* включается контактор *K18*, и двигатель начинает работать на высоких оборотах. Одновременно замкнувшимся контактом *S16* в цепи *62* катушка реле *K20* (63) подключается к плюсовому проводу *157*. Работа двигателя вентилятора вагона на высоких оборотах возможна только при питании от генератора и неработающем кипятильнике. В этом случае катушка реле *K20* через замкнутый контакт *K5* (61) и замкнувшийся контакт реле контроля напряжения *K9* (51) подключается к минусовому проводу *27*. При срабатыва-

нии реле *К20* его замкнувшийся контакт в цепи *57* включает контактор *К4* (57). Замкнувшимся контактом *К4* (77) шунтируется резистор *R45*, что обеспечивает увеличение тока якорной обмотки. Одновременно, разомкнувшийся контакт *К4* (79) обеспечивает включение в цепь шунтовой обмотки резистора *R44*, что вызовет уменьшение магнитного потока двигателя. Увеличение тока якорной обмотки двигателя и ослабление его магнитного поля приводит к переключению двигателя на высокую частоту вращения.

В режиме автоматического управления (Зима-Лето) работа вентилятора происходит под контролем ртутно-контактных термодатчиков *В6* (67) на 16°С, *В7* (68) на 18°С, *В10* (64) на 24°С и *В11* (65) на 26°С. Термодатчики *В6* и *В7* установлены в канале воздуховода, а *В10* и *В11* в вагоне.

В летний период времени года переключатель *S16* устанавливают в положение «Лето». При этом замыкаются его контакты в цепи *63*, соединяя провода *139* и *155* и в цепи *70*, обеспечивая соединение проводов *157* и *163*.

При температуре воздуха в канале воздуховода выше 18°С контакты термодатчика *В7* замыкаются, включая контактор *К18*, что обеспечивает включение вагонного вентилятора на низкую частоту вращения. Одновременно замкнувшимся контактом *К18* (62) создается дополнительная цепь питания катушки *К18* через замкнутые контакты термодатчика *В6* и резистор *R32* (67).

При температуре воздуха в вагоне выше 26°С замыкаются контакты термодатчика *В11* и при движении вагона, а также при неработающем кипятильнике включается реле *К20*. Замкнувшимся контактом реле *К20* в цепи *57* обеспечивается включение контактора *К4*, и двигатель вентилятора переключается на высокие обороты. Одновременно замкнувшимся контактом *К20* в цепи *65* создается дополнительная цепь питания собственной катушки через контакты термодатчика *В10* и резистор *R36*.

При снижении температуры в вагоне ниже 26°С контакт термодатчика *В11* размыкается, однако реле *К20* остается включенным через собственный контакт в цепи *65* и контакт термодатчика *В10*. При снижении температуры в вагоне ниже 24°С контакты термодатчика размыкаются, и реле *К20* выключается, так как при размыкании контакта термодатчика *В10* в цепь питания катушки реле *К20* включается резистор *R35* и ток, протекающий через катушку, становится недостаточным для удержания реле

во включенном состоянии. При выключении реле *K20* выключается контактор *K4*, и двигатель вентилятора переключается на низкую частоту вращения.

Если температура в канале воздуховода становится ниже 16°С, то контакты термодатчика *B6* размыкаются, последовательно с катушкой *K18* включается резистор *R31* (67). Ток катушки становится недостаточным для удержания контактора *K18* во включенном состоянии и контактор выключается, отключая двигатель вентилятора.

Различие между зимнем и летним режимом работы заключается в том, что в режиме «Зима» исключается возможность работы вентилятора на высокой частоте вращения. Это достигается переводом переключателя *S16* в положение «Зима». При этом замыкаются его контакты в цепи *70*, соединяя провода *157* и *163*. Напряжение на катушку контактора *K18* подается при замыкании контактов термодатчика *B7* (70), когда температура воздуха в канале воздуховода становится выше 18°С. Выключение вентилятора происходит при размыкании контактов термодатчика *B6* (69).

Включение нагревательных элементов кипятильника *E15* (81) осуществляется контактором *K5* (58) при движении вагона и постановке тумблера *S15* в положение «Включено». При этом через замкнувшиеся контакты тумблера *S15* (58) включается контактор *K5* по цепи: провод *75*, замкнутые контакты тумблера *S15* (58), катушка *K5*, замкнувшийся контакт реле *K9* (58), провод *27*. Замкнувшимся силовым контактом *K5* (81) включаются нагревательные элементы кипятильника. Одновременно разомкнувшимся блокировочным контактом в цепи *61* разрывается цепь питания катушки реле *K20*, что исключает возможность работы вагонного вентилятора на высокой частоте вращения.

Защита нагревательных элементов кипятильника от коротких замыканий осуществляется предохранителями *F40* и *F41* (81).

В положении тумблера *S15* «Выключено» замкнуты его контакты в цепях *83* и *88*, обеспечивая возможность включения водоохладителя *E16* автоматическим выключателем *F28* и электродвигателя *M2* (88) циркуляционного насоса автоматическим выключателем *F29*.

Подача напряжения в розетки *X17*–*X19* (85) осуществляется тумблером *S23* (88). Защита розеток от токов коротких замыканий осуществляется предохранителями *F50* (87) и *F51* (86). Через

эти же предохранители получает питание также электродвигатель *M3* (83) насоса перекачки воды. Розетка *X16* (85) имеет непосредственное подключение.

Электромашинный преобразователь *U1* (90–93) получает питание через предохранители *F34* и *F35* (90). Пуск преобразователя осуществляется автоматически с помощью пускорегулирующего устройства КАР-400, которое обеспечивает автоматическую стабилизацию частоты вращения преобразователя, что позволяет поддерживать на выходе преобразователя постоянную величину напряжения и частоту тока.

Управление работой преобразователя осуществляется кнопками *S40* (92,54) «Пуск» и *S41* (92) «Стоп».

При включении преобразователя через замыкающий контакт кнопки *S40* в цепи *92* напряжение подается в схему пускорегулирующего устройства. Одновременно замкнувшимся контактом *S40* (54) потенциал +50 В подается на контакт *Б5* блока защиты, что исключает срабатывание канала защиты от пониженного напряжения, возникающего при стоянке вагона во время пуска преобразователя.

9.1.9. Цепи освещения и сигнализации вагона

Электрическое освещение пассажирских вагонов служит для создания наибольших удобств в пути следования независимо от времени суток и наличия естественного света.

В вагонах применяется комбинированное электрическое освещение следующих видов: общее, действующее в темное время суток (потолочное освещение купе, коридоров, туалетов и тамбуров); местное, включаемое пассажирами; дежурное, действующее в ночное время, когда пассажиры спят; служебное, включаемое проводником по мере надобности (например, освещение котельной); аварийное, действующее в случае прекращения питания осветительных нагрузок от основного источника; освещение, обеспечивающее безопасность движения поезда, — концевые сигнальные фонари вагона. В качестве источников света применяют лампы накаливания и люминесцентные лампы.

Лампы цепей люминесцентного освещения через предохранители *F32* и *F33* (94) подключены к выходу электромашинного преобразователя.

Для включения люминесцентного освещения необходимо на-

жать кнопку *S40* «Пуск» преобразователя типа *2ППО-400*, расположенного вместе с пускорегулирующей аппаратурой за потолком тамбура нетормозного конца вагона. При этом преобразователь включается на холостые обороты без нагрузки. Через несколько секунд после пуска пакетные переключатели *S17* и *S18* переводят из положения «0» в положение «люминесцентное освещение». Замкнувшимся контактом *S17* (102) включаются люминесцентные лампы II группы *Н31–Н39* (101), установленные в купе пассажиров. Одновременно замыкаются контакты переключателя *S17* в цепях *119* и *122*, подготавливая цепь включения ламп накаливания VIII группы, которые установлены в светильниках люминесцентных ламп. Замкнувшимися контактами *S18* (97) включаются люминесцентные лампы I группы *Н62–Н70* (116), установленные в светильниках по проходу вагона, а контактами в цепях *113* и *114* подготавливаются цепи включения ламп накаливания VI группы, установленных в светильниках по проходу. При включении ламп люминесцентного освещения через диоды *V46* (96) и *V44* (100) включается реле *К21* (96). Разомкнувшимися контактами *К21* (110, 111) отключаются лампы накаливания VI группы, а контактами *К21* (121,122) — VIII группы.

При отключении преобразователя нажатием кнопки *S41* «Стоп» или перегорании его предохранителей, реле *К21* отключается, и замкнувшимися контактами включают лампы накаливания VI и VIII групп. Ночью переключатели *S18* и *S17* ставят в положение «Ночное освещение». Замкнувшимся контактом *S18* (115) лампы *Н62–Н66* и *Н67–Н70* соединяются последовательно и горят вполнакала. Аналогично контактам *S17* (119) соединяются последовательно лампы *Н52–Н56* и *Н57–Н61*.

Лампы накаливания IV группы светильников тормозного конца вагона *Н80 – Н87* (101–104) и нетормозного *Н75–Н79* (111) включают переключателем *S26* (105–106), который имеет следующие положения: *0* — выключено; *1* — нетормозная сторона; *2* — тормозная сторона; *1+2* — тормозная и нетормозная стороны.

Замкнувшимся контактом *S26* (106) напряжение подается на светильники: *Н75* — коридора, *Н76* — туалета, *Н77 – Н78* — тамбура, *Н79* — ниши преобразователя. Включение светильников *Н77 – Н79* осуществляется индивидуальными выключателями *S49 – S51* (109).

Через контакты переключателя *S26* (105) напряжение подается на розетку *X20* (103) котельного отделения, а также на светильники тормозной стороны вагона: *H80* — служебного отделения; *H82* — туалета; *H81* и *H83* — бокового коридора.

Светильники *H84* котельного отделения, *H85* и *H86* тамбура, *H87* купе проводников включаются индивидуальными выключателями *S53* – *S56* (105).

Второй светильник служебного отделения *H26* включается выключателем *S27* (101), а лампы освещения пульта вагона *H27* и *H29* – выключателем *S13* (99).

Включение посадочных фонарей *H24* и *H25* осуществляется тумблерами *S24* (98) и *S25* (96).

Защита ламп накаливания IV группы от коротких замыканий осуществляется предохранителями *F57* и *F58* (100), VI группы — предохранителями *F55* (101) и *F56* (117), а VIII группы — *F54* (119) и *F56* (117).

Сигнальные фонари *H7* – *H9* (81) нетормозной стороны вагона и *H10* – *H12* (8) тормозной стороны включаются переключателем *S9*.

Сигнализация наполнения баков водой служит для того, чтобы при заправке не допустить переполнения баков системы водоснабжения вагона. Включают сигнализацию двухполюсным тумблером *S8* (83) на пульте управления. Как только вода в баке поднимается до максимального уровня, замкнувшимся контактом датчика *E4* (84) включается реле *K12* (84), которая в свою очередь включит сигнальные лампы *H15*, *H16* (83), установленные в защитных коробках под вагоном у головок водоналивных труб.

Наружная вызывная сигнализация предназначена для вызова проводника снаружи вагона. Она состоит из двух кнопок *S42* (84) и *S43* (85), установленных у переходных (торцевых) тамбурных дверей; сигнальной лампы *H4* (85) и звонка *H89* (88), расположенных в служебном купе. При замыкании контактов кнопок *S42* или *S43* включается сигнальная лампа *H4* и звонок 89.

Сигнализация контроля нагрева букс служит для повышения безопасности движения поезда. Она позволяет постоянно контролировать температуру нагрева букс и предупреждать аварии в результате перегрева и разрушения роликовых подшипников. Термодатчики *E5* – *E8* (94) одной тележки и *E9* – *E12* второй те-

лежки через разъемы *X5*, *X6* включены последовательно с катушкой реле *K10* (94). При замкнутых контактах тумблера *S7* (94) катушка реле *K10* находится под напряжением. Замкнувшимся контактом *K10* (90) включается сигнальная лампа *H16* «Контроль температуры букс. Питание». Одновременно разомкнувшимися контактами *K10* (89) предотвращается включение сигнальной лампы *H2* «Контроль температуры букс. Защита», а *K10* (83) — звонка *H89*.

При нагреве корпуса буксы в месте установки термодатчика до температуры 83–92°C происходит расплавление сплава, цепь питания катушки реле *K10* разрывается и реле выключается. При этом включается сигнальная лампа *H2* и звонок *H89*. Как отмечалось выше, тумблер *S7* должен находиться в положении «Норма», т.е. его контакты должны быть замкнуты.

Для проверки *СКНБ* тумблер *S7* необходимо перевести в положение «Контроль», при этом должна сработать звуковая и световая сигнализации.

9.1.10. Схема цепей высоковольтного электроотопления

Электрооборудование высоковольтного электрического отопления предназначено для обеспечения питания, защиты и управления работы электронагревателей комбинированного котла отопления вагонов.

Теплоносителем в системе отопления является вода, нагрев которой осуществляется нагревательными элементами *E3* (130), суммарной мощностью 48 кВт, питающимися током напряжением 3000 В, или при отсутствии электроэнергии — твердым топливом.

Питание нагревательных элементов осуществляется от локомотива через высоковольтную поездную магистраль. Нагреватель *E3* состоит из 24 нагревательных элементов мощностью 2 кВт напряжением 500 В каждый. Для обеспечения нормальной работы нагревательных элементов они соединяются последовательно по шесть элементов, образуя секцию. Четыре секции соединяются параллельно.

Напряжение 3000 В на нагреватель *E3* подается от штепсельных соединений *X21, X22* (106) через высоковольтный разъединитель *S59* (110), высоковольтный предохранитель *F73* (114)

и замыкающий силовой контакт высоковольтного контактора *K8* (117). Со стороны плюсового и минусового зажимов электронагревателя включены силовые катушки дифференциального реле *K28* (126), предназначенного для отключения контактора *K8* в случае пробоя нагревательных элементов на корпус котла.

Контроль за наличием высокого напряжения в высоковольтной магистрали осуществляется с помощью реле *K27* (132), катушка которого получает от высокой высоковольтной магистрали через делитель напряжения, собранный на резисторах *R73 – R80* (120–123), и выпрямительный мост *V22* (123). При наличии напряжения высоковольтной магистрали реле *K27* срабатывает и замкнувшимся контактом в цепи *126* включает сигнальную лампу *H90* (126) «3000 В».

Питание схемы цепей управления отоплением осуществляется напряжением 50 В через предохранитель *F69* и *F70* (125) и замыкающийся контакт переключателя *S57* (128) во всех его рабочих положениях.

Питание схемы цепей управления отоплением осуществляется напряжением 50 В через предохранители *F69* и *F70* (125) и замыкающийся контакт переключателя *S57* (128) во всех его рабочих положениях.

В цепь катушки питания высоковольтного контактора *K8* включены контакты концевых выключателей *S28* и *S29* (130), концевого выключателя *S22* (130) защитного кожуха котла и замыкающийся контакт реле *K25* (130). Катушка реле *K25* (128) подключается к выходу блока *A2* (клемма Б1) через размыкающийся контакт термодатчика *B8* (126), обеспечивающий защиту воды в котле от кипения и замыкающийся контакт реле *K24* (126).

Первоначальное включение реле *K24* осуществляется кнопкой S20 «Возврат отопления». При нажатии на кнопку через замкнувшийся контакт *S20* (134) включается реле *K24* (132), катушка которого получает питание по цепи: провод 191 (+50В), предохранитель *F69* (125), замкнутый контакт *S57* (128), замкнутый контакт датчика наличия воды в котле *B12* (132), резистор *R81*, замкнувшийся контакт *S20* (134), катушка *K24*, предохранитель *F70* (125), провод 52. При срабатывании реле *K24* в схеме происходят следующие изменения:

— замкнувшимся контактом в цепи 132 реле самоблокируется;

— разомкнувшимся контактом в цепи 137 отключается лампа *H91* «Уровень воды»;

— разомкнувшимся контактом в цепи 135 отключается лампа *H92* «Защита»;

— замкнувшимся контактом *K24* (126) к выходу блока управления отоплением *A2*, подключается катушка реле *K25*.

Режим работы электрического отопления задается переключателем отопления *S57* (125, 128, 133), имеющим следующие положения: 1 — «Ручное управление» – электронагреватели котла включены постоянно и не управляются схемой регулирования температуры в вагоне; 2 — «Автомат». Норма — управление работой нагревателей осуществляется блоком управления отоплением *БУО* (блок А2), обеспечивая поддержание температуры в вагоне в диапазоне 20±2°С; 3 — «Отстой» — управление работой осуществляется ртутными термодатчиками, обеспечивающими поддержание температуры в вагоне в пределах 5+12°С.

В режиме работы «Ручное управление» будут замкнуты контакты переключателя *S57* в цепи *128*, обеспечивая подачу напряжения в провод цепи управления *503*, и цепи *125*, подготавливая цепь включения катушки реле *K25* (128).

При нажатии кнопки *S20* включается реле *K24* и производит действия, описанные выше. Замкнувшимся контактом *K24* (126) включается реле *K25*, катушка которого получает питание по цепи: провод *503*, резистор *R9* (129), провод *513*, замкнутые контакты *S57* (125), провод *508*, замкнутый контакт термодатчика *B8* (126), провод *536*, катушка реле *K25* (128), провод *566*, резистор *R10* (138), провод *532*, предохранитель *F70* (125), минусовой провод *52*.

При включении реле *K25* его замкнувшийся контакт в цепи *130* подает напряжение на катушку высоковольтного контактора *K8* (127), при срабатывании которого включаются нагревательные элементы котла *E3*.

Работа нагревательных элементов котла происходит под контролем датчика температуры воды в котле *B8* (126) и датчика уровня воды *B12*. При достижении температуры 95°С контакты термодатчика *B8* размыкаются, и реле *K25* выключается, отключая контактор *K8*.

Повторное включение электронагревателей котла произойдет при снижении температуры воды до 85°С и замыкании контактов термодатчика *B8*.

Выключить электронагреватели можно вручную, установив переключатель *S57* в положение 0 — выключено.

При снижении уровня воды в котле на 200 мм ниже нормы размыкаются контакты реле уровня воды *B12* (132) и отключают реле *K24*. Разомкнувшийся контакт *K24* (126) выключит реле *K25*, что, в свою очередь, приведет к отключению контактора *K8* и нагревателей котла. Одновременно замкнувшийся контакт *K24* (137) включает сигнальную лампу *H91* (137) «Уровень воды».

Для ускорения нагрева воздуха в вагоне можно включить электродвигатель *M2* (88) циркуляционного насоса системы отопления автоматическим выключателем *F29* (88) при выключенном кипятильнике (контакты тумблера *S15* (88) замкнуты).

Для более эффективного использования теплопроизводительности котла при работе электронагревательных элементов включают электродвигатель *M1* вагонного вентилятора на низкие обороты, установив переключатель *S16* в положение «Зима», а при неисправных термодатчиках *B6* или *B7* — в положение «Низкая».

Положение переключателя *S57* «Автомат. Норма» является основным режимом работы электроотопления, при котором температура в вагоне автоматически поддерживается системой термоавтоматики в пределах 20±2°С. Регулирование осуществляется по специальной программе (рис. 9.2), обеспечивая зависимость температуры воды в котле от температуры наружного воздуха. Этот режим является наиболее экономичным по расходу электрической энергии. По этой программе высоковольтный контактор включается, когда температура воды на выходе из котла ниже нижней границы температуры регулирования (линия 3) и отключается при достижении верхней границы

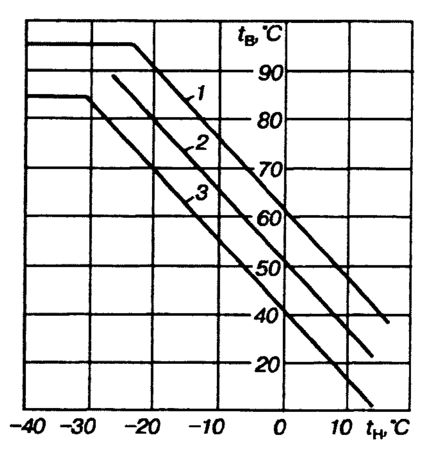


Рис. 9.2. Зависимость температуры воды в котле $t_в$ от температуры наружного воздуха $t_н$:

1 — температура отключения нагревательных элементов; *2* — средняя температура воды на выходе из котла; *3* — температура включения нагревательных элементов

(линия 1), в результате чего температура воздуха в вагоне поддерживается на уровне 20±2°С.

При температуре воздуха в вагоне 20–17°С верхняя и нижняя границы температуры, определяемые законом линий 1, 2, 3, должны повышаться во всех точках на 6,5±0,5°С на каждый градус снижения температуры воздуха внутри вагона. В случае понижения температуры внутри вагона ниже 17°С высоковольтный контактор *К8* включается, а его отключение регламентируется наибольшей температурой воды в котле. Если температура воздуха внутри вагона повышается от 20 до 24°С, верхняя и нижняя границы температуры воды также должны понижаться во всех точках на 6,5±0,5°С на каждый градус повышения температуры в вагоне.

В случае повышения температуры более 24°С нагревательные элементы не включаются независимо от температуры воды в котле и воздуха снаружи вагона.

Реализация программы регулирования температуры осуществляется блоком управления отоплением *БУО* и датчиками температуры. В интервале температур в вагоне от 18 до 22°С с *БУО* работают медные датчики *R11 – R13* (112–115), включенные в одно из плеч измерительного моста блока. Указанными термодатчиками контролируется: термодатчиком *R11* — температура воды на выходе из котла; *R12* — температура наружного воздуха; *R13* — температура воздуха в вагоне.

При температуре воздуха в вагоне ниже 18°С контакты термодатчиков *В4* (136) и *В5* (137) разомкнуты и на клемму *А2 БУО* не подается отрицательное смещение, что обеспечивает включение реле *К25*, контактора *К8* и электронагревателей котла, и не отключает их до достижения температуры в вагоне 18°С. Этим обеспечивается ускоренный выход температуры в вагоне в заданный диапазон регулирования. При достижении температуры внутри вагона 24°С датчик *В1* (132) замыкается и подает отрицательное смещение на клемму *А3* блока управления отоплением (*БУО*) по цепи: минусовой провóд *532*, резистор *R10* (138), провод *566*, замкнувшийся контакт *В1*, провод *511*, клемма *А3 БУО*. При этом реле *К25* выключается и разомкнувшимся контактом *К25* (130) выключает высоковольтный контактор *К8*, который, в свою очередь, выключит электронагреватели котла.

Как и при ручном управлении при работе в режиме «Автомат. Норма» электродвигатель вентилятора вагона должен работать на низкой частоте вращения.

Положение переключателя *S57* «Автомат. Отстой» используется при температуре наружного воздуха ниже 0°С без слива воды из системы отопления. В этом положении переключателя *S57* замкнуты его контакты в цепях *128* и *133*.

При температуре воздуха в вагоне ниже 7°С контакты термодатчиков *В2* (135) на 10°С и *В3* (133) на 7°С разомкнуты, что обеспечивает выдачу с *БУО* команды на включение реле *К25* (128), которое, в свою очередь, включит контактор *К8* и электронагреватели котла. При повышении температуры воздуха в вагоне выше 7°С контакты термодатчика *В3* замыкаются, но на клемму *А3 БУО* по-прежнему не будет подаваться отрицательное смещение и реле *К25* останется включенным, т.е. нагреватели котла продолжают работать. При повышении температуры воздуха в вагоне до 10°С замыкаются контакты термодатчика *В2*, и на вход *БУО* подается отрицательное смещение по цепи: минусовой провод *532*, резистор *R10* (138), провод *566*, замкнутые контакты *S57* (133), замкнувшийся контакт *В2* (135), провод *511*, клемма А3 БУО. При подаче отрицательного смещения на клемму А3 реле *К25* выключается. Разомкнувшимся контактом *К25* (132) создается дополнительная цепь подачи отрицательного смещения на вход блока через замкнутые контакты термодатчика *В3*, что предотвращает повторное включение электронагревателей до снижения температуры воздуха в вагоне до 7°С. С помощью переключателя *S45* (116) можно корректировать температуру в пределах (7–10)±2°С, установив переключатель в положение «Теплее» или «Холоднее».

В режиме «Автомат. Отстой» электродвигатель вагонного генератора не включают.

В случае пробоя на корпус нагревательных элементов котла возникает разница токов в силовых катушках дифференциального реле *К28*, включенных между проводами *548–543* и *556–100*, что вызовет срабатывание реле. Замкнувшимся контактом *К28* (129)шунтируется катушка реле *К24* (132), что вызовет его отключение. При выключении реле *К24* в схеме происходят следующие изменения:

— разомкнувшимся контактом *К24* (126) отключается катушка реле *К25*, которое, в свою очередь, размыкает свой контакт в цепи *130* и отключает высоковольтный контактор *К8*;

— разомкнувшимся контактом *К24* в цепи *132* разрывается цепь питания катушки *К24*, что исключает его включение баз нажатия кнопки *S20* «Возврат отопления»;

— замкнувшимся контактом в цепи *135* включается сигнальная лампа *Н92* «Защита».

9.2. Электрооборудование вагонов с комплексом энергоснабжения ЭПВ10.01.03

9.2.1. Структурная схема комплекса ЭПВ 10.01.03

Комплекс электрооборудования ЭПВ10.01.03 (рис. 9.3) применяется на пассажирских вагонах модели 61-820. В данном разделе приведены технические данные комплекса, описание устройства и принцип работы электрооборудования.

В электрических схемах комплекса (рис. 9.4, см. вкладку) приняты следующие обозначения и сокращения:

— *БЗ* — блок защиты; *БКНБ* — блок контроля нагрева букс; *БРНГ* — блок реле напряжения генератора; *БРЧ* — блок реле частоты; *БУО* — блок управления отоплением; *БУЗ* — блок управления зарядом; *БУП* — блок управления пожаротушением; *ПДП* — пост дистанционного пуска установки газового пожаротушения; *УГП* — установка газового (аэрозольного) пожаротушения; *УПС* — установка пожарной сигнализации; *ПУ* — пульт управления вагонным электрооборудованием; *B1* — силовой выпрямитель; *ЯВ* — подвагонный ящик с высоковольтным электрооборудованием; *G* — синхронный генератор; *Gb* — аккумуляторная батарея; *М50* — подвагонная магистраль постоянного тока напряжением 50 В; *М 3000* — подвагонная высоковольтная поездная магистраль; *ПОБП* — преобразователь однофазный бытовых потребителей; *ЯР* — ящик с пускорегулирующей аппаратурой вентилятора вагона.

Электрооборудование вагона (рис. 9.3) включает в себя внутренние источники электроэнергии (подвагонный генератор *G*, цепи *14–16* типа ЭГВ.01.У1 и аккумуляторная батарея *Gb* — цепь 12) и внешние (подвагонная магистраль постоянного тока напряжением 50 В *М-50*, цепь *1* и подвагонную высоковольтную поездную магистраль *М-3000*; цепь *2*), аппаратуру коммутации, защиты и распределения электроэнергии, размещаемую в пульте управления (*ПУ*) и высоковольтном аппаратном ящике (*ЯВ*), а также потребители электроэнергии. Кроме того, в состав вагонного электрооборудования входят: котел (цепи *3*) с нагревательными элементами *Е3* и *Е4*, вагонный вентилятор (электродвигатель *М1*, цепь *6*), системы освещения (цепь *21*), пожарной сигнализации *УПС* (*19*) и пожаротушения (пожарный насос —

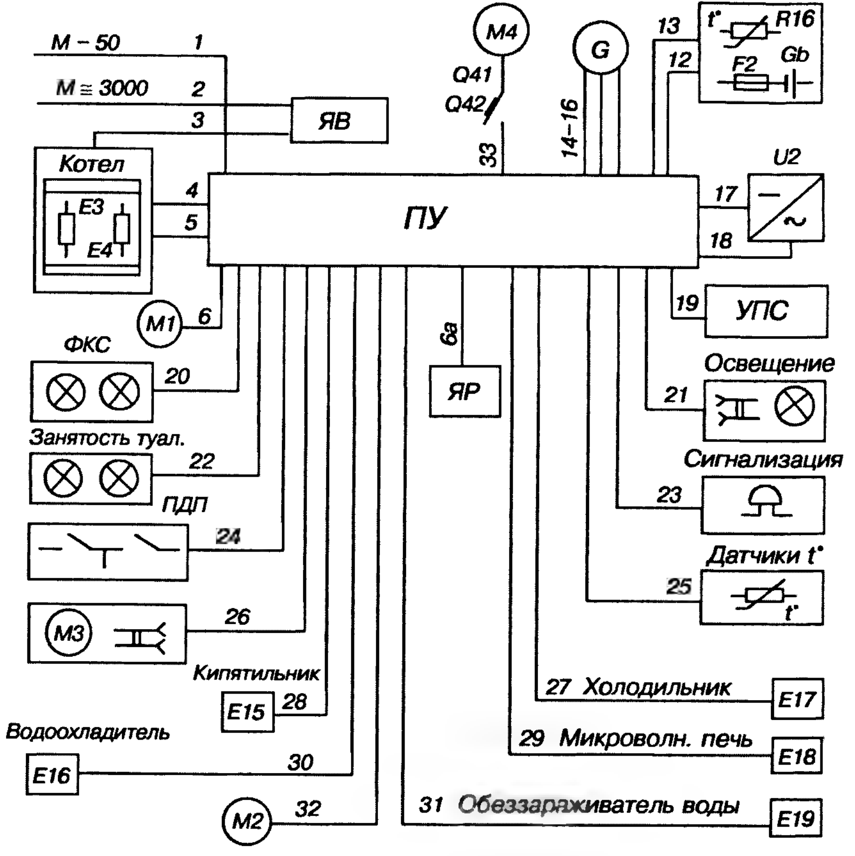


Рис. 9.3. Структурная схема электрооборудования вагона с комплексом энергоснабжения ЭПВ10.01.03

цепь *33*, электродвигатель *М4*). Контроль за температурным режимом осуществляют температурные датчики (цепи *5*, *11*, *13*, *25*).

Кроме системы пожаротушения вагона, в схеме предусмотрено пожаротушение пульта управления. Для этого в нем установлена *УГП*, работающая автоматически по сигналам пожарных извещателей *УПС* (19). Для обеспечения ручного пуска огнегасящего состава *УГП* в купе проводников предусмотрен пульт дистанционного пожаротушения *ПДП* (24). Включение

пожарного насоса производится автоматическими выключателями *Q41*, *Q42*, установленными в разных концах вагона. При включении электродвигателя *M4* вода из системы водоснабжения вагона поступает в пожарную магистраль.

Применение высоковольтных нагревательных элементов котла потребовало отделения аппаратуры управления и защиты отоплением от всей остальной. Для этой цели служит высоковольтный подвагонный ящик-*ЯВ* (цепи *7–11*), размещаемый под вагоном. Насос отопления *M2* (цепь *22*) питается от бортовой сети.

Потребители однофазного переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц получают питание от *ПОБП* через розетки (цепь *26*). От этого же преобразователя получает питание электродвигатель насоса перекачки воды *M3* и электроаппаратура системы санитарной обработки воды (ССОВ) *E19* (цепь *3*), обеспечивающая обеззараживание воды.

Помимо пожарной сигнализации в вагоне предусмотрены следующие виды сигнализации:

— сигнальные фонари по торцам вагона (цепь *20*);

— вызывная (звонковая), обеспечивающая подачу сигнала на вызов проводника, и сигнализация налива воды (цепь *23*);

— сигнализация о занятости туалетов (цепь *22*).

К вагонным потребителям относятся:

— кипятильник *E15* (цепь *28*);

— водоохладитель *E16* (цепь *30*);

— холодильник *E17* (цепь *27*);

— микроволновая печь *E18* (цепь *29*);

— обеззараживатель воды *E19* (цепь *31*).

9.2.2. Система энергоснабжения

Собственными источниками электрической энергии вагона являются трехфазный генератор переменного тока *G* (27) и аккумуляторная батарея *Gb* (16). Подвагонный генератор имеет две силовые обмотки: основную трехфазную (*1C1, 1C2, 1C3*) и дополнительную однофазную (*2C1, 2C3* с выводом от средней точки *2C2*), а также три обмотки возбуждения: параллельную *И1–И2* (36), последовательную *O1–O2* (63) и противошунтовую *B1–B2* (34).

Основная силовая обмотка через разъем *X1* и предохранители *F4–F6* (33) подключена к основному выпрямителю *B1* (36),

собранному на шести полупроводниковых диодах *V1–V6*. Фильтр (37-39), собранный на резисторах *R69–R65* и конденсаторах *C8–C9*, служит для гашения радиопомех, возникающих при работе генератора.

При работе генератора через его основную обмотку и выпрямитель протекает суммарный ток нагрузки и ток зарядки аккумуляторной батареи, а через дополнительную и тиристоры *V7* (26), *V8* (27) — только ток подзаряда. Первая цепь – основная силовая обмотка *1C1–1C3*, предохранители *F4–F6* (33), провода (*4, 9, 8*), выпрямитель *B1* (36), плюсовой полюс выпрямителя (провод *25*).

Вторая цепь — основная силовая обмотка *1C1–1C3*, предохранители *F4–F6*, провода (*4, 9, 8*), выпрямитель *B1*, провод *25*, средняя точка *2C2* дополнительной обмотки, дополнительная обмотка *2C1* и *2C3*, автоматические выключатели *Q5* и *Q6* (27), провода *13* и *21*, тиристоры *V7* и *V8*, замыкающийся контакт *K1* (17), шунт *E1* (16), предохранитель *F1* (16), плюс *Gb*.

Минусовой полюс батареи через предохранитель *F2* (16) соединен с минусовым полюсом выпрямителя *B1* и с минусовым проводом потребителей (провод *50*).

Силовые цепи потребителей вагона разделены на две цепи – неотключаемую (провода *191* и *52*) и отключаемую (провода *61* и *50*).

Первая цепь, к которой подключаются наиболее важные потребители, отключение которых недопустимо — плюс выпрямителя, провод *25*, шунт *E2* (35), провод *192*, диод *V16* (41), провод *193*, автоматический выключатель *Q9* (44) «Питание основных потребителей», провод *191*, нагрузка, провод *52*, автоматический выключатель *Q4* (12), минус аккумуляторной батареи, предохранитель *F2* (16), провод *50*, минусовой полюс выпрямителя.

Вторая цепь, к которой подключены остальные потребители – плюс выпрямителя, провод *25*, шунт *E2* (35), провод *192*, замыкающийся контакт *K2* (56), провод *194*, замыкающийся контакт *K2* (59), провод *43*, контакт *6* разъема *X3*, сериесная обмотка *O2–O1* генератора, контакт *2* разъема *X3*, провод *61*, нагрузка, провод *50*, минус выпрямителя. С минусом выпрямителя *Gb* провод *50* соединяется через предохранитель *F2* (16). Включение сериесной обмотки последовательно с нагрузкой отключаемых потребителей обеспечивает стабилизацию напряжения при включении нагрузки.

Стабильную работу генератора в заданном диапазоне скоростей движения обеспечивают два электронных блока — *БРЧ* (*А4*) и *РНГ* (*А7*). *БРЧ* (40–44) предназначен для измерения частоты вращения ротора генератора (частоты тока) и управления контактором *K1* (46), переключающим нагрузку с аккумуляторной батареи на генератор при скорости движения вагона свыше 35 км/ч и наоборот.

При включении контактора *K1*:

— разомкнувшимся контактом в цепи *16* аккумуляторная батарея отключается от провода *25*, и потребители переключаются на питание от выпрямителя;

— замкнувшимся контактом в цепи *17* обеспечивается зарядка аккумуляторной батареи;

— замкнувшимся контактом *47* подготавливается цепь включения реле *К5* (48), *К30* (58), *К4* (56);

— разомкнувшимся контактом в цепи *24* разрывается цепь принудительного возбуждения генератора.

Регулятор напряжения генератора — *РНГ* (24–28) обеспечивает поддержание напряжения на выходе выпрямителя *В1* на уровне 50±3 В путем изменения тока в обмотке возбуждения генератора по цепи: контакт *Б3* блока *РНГ*, провод *111*, замкнувшийся контакт *К6* (32), контакт *3* разъема *Х3*, шунтовая обмотка *И2–И1*, контакт *5* разъема *Х3*, провод *27*, предохранитель *F10* (0), провод *52*, автоматический выключатель *Q4* (12), минус *Gb*, предохранитель *F2* (16), провод *50*.

Для регулирования напряжения и тока зарядки аккумуляторной батареи в зависимости от степени ее разряженности и температуры в аккумуляторном ящике служит электронный блок *А3* — блок управления зарядки (*БУЗ*), задающий и поддерживающий необходимый уровень зарядного напряжения путем регулирования угла открытия тиристоров *V7* и *V8* (26-27).

Электронный блок *А6* (7-10) – блок защиты обеспечивает:

— защиту при работающем генераторе от повышения среднего значения напряжения в цепях потребителей электроэнергии выше 60±2 В длительностью 0,7±0,2 с;

— защиту при работающем генераторе от повышения амплитудного значения напряжения в цепях потребителей электроэнергии и управления выше 150±5В;

— защиту генератора от несимметричного режима работы;

— отключение генератора при обрыве цепи предохранителя *F1*;

— отключение потребителей электроэнергии, подключенных к проводам *61* и *50* при понижении напряжения аккумуляторной батареи ниже 40В.

Исполнительными элементами блоков являются реле *К7* (17) и *К29* (16). Первое работает как общее реле защиты, а второе — как реле пониженного напряжения. В нормальном состоянии реле *К29* включено, а *К7* — обесточено.

При возникновении первых четырех неисправностей с контакта *Б4* блока защиты выдается сигнал на включение реле *К7*, которое разомкнувшимся контактом в цепи *21* отключает реле *К6* (21). При отключении реле *К6*:

— разомкнувшимся контактом в цепи *32* шунтовая обмотка возбуждения генератора отключается от *РНГ*;

— разомкнувшимся контактом в цепи *22* исключается подача питания на катушку реле *К6* до устранения возникшей неисправности и нажатия кнопки *S4* «Возврат защиты»;

— замкнувшимся контактом в цепи *12* включается светодиод *V87* (12) «Защита генератора». Этим же контактом включаются лампы освещения *Н28* (13) в пульте управления, что необходимо при устранении возникших в нем неисправностей.

После отключения шунтовой обмотки возбуждения, генератор *G* прекращает свою работу, и реле *К1* отключается. Переключившимися контактами в цепях *16, 17* потребители переключаются на питание от батареи.

При снижении напряжения аккумуляторной батареи ниже 40 В реле *К29* обесточивается и своим разомкнувшимся контактом в цепи 18 выключает контактор *К2* (18), который в свою очередь разомкнувшимися контактами в цепях *56* и *59* разрывает цепь питания потребителей, подключенных к проводам *61* и *50*, а замкнувшимся контактом в цепи *5* включает светодиод *V88* (5) «Защита батареи». Разомкнувшимся контактом в цепи *20* снимается самоблокировка реле.

Для обеспечения бесперебойного энергоснабжения наиболее важных потребителей вагона при отказе источников электроэнергии своего вагона предусмотрена низковольтная поездная магистраль. Стыковка электрооборудования вагонов производится при помощи разъемов *Х9, Х10* (42), которые соединяют плюсовые провода *196*. Минусовая цепь соединяется при помощи автоматического выключателя *Q39* (41). Подключение плюсовых цепей осуществляется автоматическим выключателем *Q8* (41).

При питании от соседнего вагона передача мощности ограничивается на уровне 1,2 кВт. Ограничение мощности, потребляемой в аварийных ситуациях, обеспечивается схемой путем подключения в эту цепь только наиболее ответственных потребителей (освещение, сигнализация и другие). Автоматический выключатель *Q9* (44) обеспечивает защиту этих потребителей при коротком замыкании и перегрузке, а диод *V16* (41) запирает остальную часть схемы.

При подаче напряжения в соседний вагон и при приеме из соседнего вагона на пульте управления загорается светодиод *V81* (41) «Магистраль».

9.2.3. Схема цепей управления

Для подготовки электрооборудования к работе необходимо:

— автоматические выключатели цепей управления и контроля *Q3* (11) и *Q4* (12) установить в положение «Включено»;

— переключатель напряжения *S3* (6) установить в положение «Сеть». Вольтметр *PV* (3) должен показывать напряжение 50±15 В в зависимости от степени зарядки аккумуляторной батареи;

— тумблер управления *S5* (15 и 12) установить в положение «Включено». При этом загорается светодиод *V87* (12) «Защита генератора», получая питание по цепи: плюс батареи, предохранитель *F26* (12), провод *55*, замкнувшийся контакт *S5* (12), провод *3*, резистор *R113*, провод *613*, светодиод *V87*, провод *232*, размыкающийся контакт *K6* (12), провод — *Б*. Если напряжение батареи будет ниже 40 В, то включается светодиод *V88* (5) «Защита батареи», получая питание по цепи: плюс батареи, предохранитель *F1*, шунт *E1* (16), размыкающийся контакт *K1* (16), провод 25, замкнутые контакты автоматического выключателя *Q3* (11), провод *161*, предохранитель *F11* (9), провод *7*, два замкнутых параллельно соединенных контакта *S5*, провод *75*, резистор *R108* (5), провод *234*, светодиод *V88*, провод *608*, размыкающийся контакт *K2* (5), провод *27*, предохранитель *F10* (0), провод *52*, автоматический выключатель *Q4* (12), –*Б*. Одновременно по проводу *75* напряжение подается на контакт *Б7* блока защиты. Если при этом напряжение батареи будет выше 40 В, то с контакта *Б6* блока защиты напряжение будет подано на катушку реле *K29* (16), которое замкнувшимся контактом в цепи *18*

подготавливает цепь включения реле *K2*. При подаче напряжения на клемму *Б7* блока защиты, через перемычку внутри блока напряжение будет подано на контакт *А8*, а с него по проводу *58* на верхний по схеме контакт кнопки *S4* (19) «Возврат защиты».

Нажать кнопку *S4*. При замыкании верхнего по схеме контакта *S4* включается реле *K2* (18) по цепи: контакт *А8* блока защиты, замкнувшийся контакт *S4* (верхний по схеме), провод *24*, диод *V9* (17), провод *12*, катушка *K2*, провод *17*, замкнувшиеся контакты *K29* (18), провод *27*, предохранитель *F10* (0), *Q4* (12), *–Б*. Одновременно с провода *24* через размыкающийся контакт *K1* (24), резисторы *R39–R40* (27), провод *29*, диод *V60* (30), провод *И2*, контакт *3* разъема *X3* (35) напряжение подается в шунтовую обмотку возбуждения генератора.

При срабатывании реле *K2*:

— замкнувшимися контактами в цепях *56* и *59* напряжение подается на провод *61* отключаемых потребителей;

— замкнувшимся контактом в *20* цепи реле самоблокируется;

— разомкнувшимся контактом в цепи *5* выключается светодиод *V88*.

При нажатии кнопки *S4* через нижний по схеме контакт получает питание катушка реле *K6* (21) по цепи: контакт *А8* блока защиты, верхний по схеме контакт *S4*, провод *24*, нижний контакт *S4*, провод *45*, катушка *K6* (21), провод *27*, *F10* (0), *Q4* (12), *–Б*. При срабатывании *K6*:

— замкнувшимся контактом в цепи *23* реле самоблокируется через размыкающиеся контакты реле *K19* (22) и кнопки *S14* «Аварийная». Через этот же контакт напряжение будет подаваться также на контакт *А1* блока защиты по проводу *45* и контакт *Б3 БРЧ*.

— замкнувшимся контактом *K6* (32) шунтовая обмотка генератора проводом *111* соединяется с контактом *Б3* регулятора напряжения генератора (блок А7).

— разомкнувшимся контактом *K6* (12) отключается светодиод *V87* (12) «Защита генератора».

Для дальнейшей подготовки оборудования к работе необходимо:

— автоматический выключатель *Q9* (44) «Питание основных потребителей» установить в верхнее положение. При этом напряжение от аккумуляторной батареи будет подано в плюсовой провод 191 питания не отключаемых потребителей;

— автоматические выключатели *Q5* (26), *Q6* (27) «Цепь дополнительной обмотки генератора установить в положение «Включено»;

— тумблеры «Корпус» *S10* (3) и *S11* (2) установить в верхнее положение. При нормальном состоянии сопротивления изоляции проводов оба светодиода *V96* (2) и *V97* (2) будут светиться с одинаковой яркостью.

При подаче напряжения на провод *191* напряжение будет подано также на установку пожарной сигнализации *A9* (46) и блок контроля нагрева букс *A8* (57–62). При этом на пульте управления должен загореться светодиод *V83* (57) «Контроль температуры букс»

Кнопка *S14* (27 и 77) «Аварийная» служит для аварийного отключения потребителей и высоковольтного электроотопления при возникновении какой-либо неисправностей или пожаре. При ее нажатии разомкнувшимися контактами в цепи *27* отключаются реле *K2* и *K6*, а контактами в цепи *77* — реле *K24* (76), управляющее работой отопления. При отключении *K2* и *K6* их разомкнувшимися контактами отключается шунтовая обмотка возбуждения генератора, а также потребители, подключенные к проводам *61* и *50*.

9.2.4. Схема цепей бытовых потребителей

В связи с ограниченной емкостью аккумуляторной батареи бытовые потребители получают питание от отключаемой бортовой сети (провода *61* и *50*). Исключение составляют потребители переменного тока напряжением 220 В (обеззараживатель воды *E19*, электродвигатель *M3* для перекачки воды, розетки *X6–X8*, *X51*) и электродвигатель *M1* приточного вентилятора в режиме дымоудаления.

Электродвигатель вагонного вентилятора *M1* (79) получает питание от отключаемой силовой цепи через автоматические выключатели *Q12* (77) и *Q13* (82). Предохранитель *F33* (72) подключен к неотключаемой цепи (провод 191), что обеспечивает работу вентилятора при дымоудалении.

Работа вентилятора происходит автоматически в зависимости от температуры воздуха в канале воздуховода и в вагоне под контролем термочувствительных элементов *R17* (66), *R18* (66) реле температуры *A11* (68–72) и *A12* (68–72). Исполнительным

элементом схемы блока управления вентилятором вагона является реле *K18* (59) и контактор *K4* (56).

При выходе из строя датчиков реле предусмотрена возможность ручного управления работой вагонного вентилятора. Выбор режима управления задается переключателем *S16* (59–62) «Вентиляция», установленного с задней стороны левой двери пульта управления вагона. Переключатель имеет следующие положения: *0* — выключено, *1* — автоматика, *2* — ручное низкие, *3* — ручное полные. Работа вентилятора в режиме «Зима» или «Лето» задается тумблером *S32* (64) «Вентиляция», который установлен на передней панели пульта управления. О работе вентилятора сигнализируют светодиоды *V86* (72) «1/4» и *V80* (57) «1».

Терморезистор *R17* (66) на 16°C установлен в канале воздуховода, а *R18* (66) — в вагоне.

При температуре в вагоне ниже 18°C вентиляция не работает. После достижения температуры воздуха в нагнетательном канале воздуховода 18°C контакт датчика реле *A11* замыкается, соединяя клеммы *9–10*, и напряжение подается на катушку реле *K18* (59) по цепи: провод *75*, замкнутые контакты *K19* (62), контакты переключателя *S16* (соединены провода 909–143) установленного в положение «Автоматика», диод *V28* (65), провод *152*, контакты *9–10* датчика реле *A11*, диод *V14* (66) *K18* (59), провод 27. Реле *K18* срабатывает и включает двигатель вагонного вентилятора на низкие обороты по цепи: провод *61*, автоматический выключатель *Q12* (76), провод *638*, замкнутый контакт *K32* (78), два замкнувшихся контакта *K18* (81), провод *233*, обмотка возбуждения *ОВ* (79), провод *237*, замкнутые контакты *K4* (78), провод *620*, пусковой резистор *R45* (78), провод *235*, якорная обмотка двигателя *M1* (79), автоматический выключатель *Q13* (82), провод *50*. Одновременно по проводу *235* питание подается на светодиод *V86* по цепи: провод *235*, резистор *R107* (75), светодиод *V86* (72), замкнутый контакт *K4*, провод *27*. Замкнувшимся контактом *K18* (66) подготавливается цепь включения реле *K4*.

В летнем режиме тумблер *S32* установлен в положение «Лето». При достижении в вагоне температуры выше 26°C датчик реле *A12* замыкает цепь питания катушки контактора *K4* по цепи: провод *152*, замкнутый контакт *S32* (64), провод *163*, замкнутый контакт *K18* (66), клеммы 10–9 *A12*, провод *81*, катушка *K4* (56), замкнутый контакт *K30* (54), замкнутый контакт *K5* (49),

замкнувшийся при движении вагона контакт *K1* (47), провод *27*. Контактор *K4* срабатывает, отключает светодиод *V86* разомкнувшимся контактом *K4* (72) и переключает двигатель на высокую частоту вращения, который получает питание по цепи:

— цепь якоря: провод *61*, замкнутый контакт выключателя *Q12*, замкнувшиеся контакты *K4* (76), провод *235*, обмотка якоря *M1* (79), замкнутый контакт *Q13* (82), провод *50*;

— обмотка возбуждения: провод *61*, выключатель *Q12*, провод *628*, замкнутый контакт *K32* (78), замкнувшиеся контакты *K18* (81), провод *233*, обмотка возбуждения *ОВ*, замкнувшийся контакт *K4* (84), реостат *R44* (81), выключатель *Q13*, провод *50*.

Одновременно с включением *K4* включается светодиод *V89* по цепи: провод *81*, резистор *R92* (72), светодиод *V86* (72), провод *88*.

При снижении температуры воздуха в вагоне ниже 24°С контакт *9–10* датчика реле *A12* размыкается и отключает контактор *K4*, переводя двигатель вентилятора на низкую скорость. Одновременно происходит переключение сигнализации (вместо светодиода *V80* включается *V86*).

При снижении температуры воздуха в нагнетательном канале ниже 16°С размыкается контакт датчика — реле *A11*. Реле *K18* выключается и отключает вентилятор. Светодиод *V86* гаснет.

При переводе переключателя *S32* (64) в положение «Зима» разрывается цепь питания реле датчика — реле *A12*, что делает невозможным включение контактора *K4*.

При ручном управлении вентилятором переключатель *S16* устанавливают в одно из положений «ручное низкие» или «ручное полные». При этом отключаются датчики реле *A11* и *A12*, а реле *K18* и контактор *K4* получают питание по цепям *909–116* и *909–81*. Работа схемы происходит как и при автоматическом управлении.

Для обеспечения дымоудаления из вагона при пожаре схемой предусмотрен режим работы вентиляции на низкой скорости независимо от работающего источника питания. В этом режиме по сигналу УПС (блок *A9*) срабатывает реле *K19* (45) и своим замкнувшимся контактом в цепи *39* включает реле *K32* (41), а разомкнувшимся контактом в цепи *62* отключает переключатель *S16* от провода *75*, предотвращая включение реле *K18* и контактора *K4*. Реле *K32* срабатывает и двумя замкнувшимися контактами в цепи *73* включает электродвигатель вентилятора по цепи:

провод *191* (+), предохранитель *F33* (73), провод *916*, замкнувшиеся контакты *К32* (73), обмотка возбуждения *ОВ*, провод *237*, замкнутые контакты *К4* (78), провод *620*, реостат *R45* (73), провод *235*, якорная обмотка *М1* (74), замкнутые контакты *Q13* (82), провод *50* (–). Одновременно включается светодиод *V86* «1/4».

Если возгорание произошло в пульте управления, то срабатывает установка газового пожаротушения *А15*, которая запускает газогенераторы *А16* и *А17* и включает реле *К20* (68). Последнее размыкает цепь питания катушки реле *К32*, предотвращая включение вентиляции. Сделано это для того, чтобы огнегасящая смесь не разносилась по вагону.

На вагонах с системой энергоснабжения ЭПВ10.01.03-03 включение электродвигателя *М1* (79) осуществляется по цепи:

цепь якоря — провод *61*, замкнутые контакты автоматического выключателя *Q12* (76), провод *206*, замкнувшиеся контакты *К18* (74), провод *204*, пусковые реостаты *R45*, *R44* (77), провод *235*, якорная обмотка *М1* (78), сериесная обмотка *СО*, провод *237*, выключатель *Q13* (78), провод *50*;

цепь шунтовой обмотки — провод *204*, регулировочный реостат *R47* (81), шунтовая обмотка *ШО* (80), провод *237*.

Одновременно включается светодиод *V86* (73) по цепи: провод *235*, резистор *R107* (75), провод *153*, светодиод *V86* (73), провод *622*, размыкающийся контакт *К4* (73), провод *27*.

Переключение на высокую частоту вращения происходит не сразу, а через промежуточную — разгоночную скорость.

При включении контакта *К4*:

— разомкнувшимся контактом в цепи *73* отключается светодиод V86 и включается светодиод *V80* (57);

— замкнувшимися двумя контактами *К4* (76) шунтируется резистор *R45* (77) и часть резистора *R44*, что вызовет увеличение тока в якорной обмотке двигателя и уменьшение тока в шунтовой обмотке;

— одновременно замыкаются контакты *К4* (113), включающие реле времени, выполненное на базе электромагнитного реле *К35* (109), транзисторе *VT1* и конденсаторе *С27* (111).

Реле *К35* срабатывает с задержкой времени, определяемого временем заряда конденсатора *С27*. При срабатывании *К35* замыкаются его контакт в цепи *115*, включая реле *К33* (115).

При включении *К33* замыкаются два его последовательно соединенных контакта в цепи *75*. Якорная обмотка электродвига-

теля *M1* окажется при этом под полным напряжением сети, а в цепь шунтовой обмотки включаются резисторы *R44* и *R45*.

При работе электродвигателя в режиме дымоудаления электродвигатель вентилятора *M1* получает питание от неотключаемой цепи после срабатывания реле *K32* по цепи: провод *191*, замкнутые контакты автоматического выключателя *Q21* (80), замкнувшиеся контакты *K32* (80), провод *204* и далее, как было описано выше.

С целью ограничения токопотребления из сети в схеме предусмотрена блокировка одновременного включения ряда потребителей: кипятильника с микроволновой печью (или электроплиткой), розетки для электробритв с насосом для перекачки воды.

Преобразователь *U2* (2–5) предназначен для питания напряжением 220 В электробритв через розетки *X6–X8*, *X51*, электродвигателя *M3* (4) для перекачки воды и обеззараживателя воды *E19* (5). Питание на преобразователь подается через предохранители *F63* (4) и *F21* (10), а включение производится тумблером *S12* (30) «Преобразователь». При этом напряжение подается к розеткам *X6–X8*, *X51* и обеззараживателю воды *E19* (5). Включение обеззараживателя производится тумблером *S58*. При нажатии кнопки *S31* (6–8) «Перекачка воды» напряжение подается на электродвигатель *M3* (4), а розетки и обеззараживатель обесточиваются.

Включение кипятильника *E15* (86) и микроволновой печи *E18* (125) производится переключателем *S15* (50–52). Их защита обеспечивается автоматическими выключателями *Q17, Q18* (85-86) и *Q16* (125), *Q20* (123) соответственно, а подключение производится с помощью реле *K5* (кипятильник) или *K30* (микроволновая печь). При постановке переключателя *S15* в положение «Кипятильник» его замкнувшимися контактами соединяются провода *75–36* и *75–37*, что обеспечивает включение реле *K5* (48) и светодиода *V85* (50) «Кипятильник». При включении реле *K5* его замкнувшимися контактами в цепи *84* включаются нагревательные элементы кипятильника, а разомкнувшимся контактом в цепи *49* предотвращается включение контактора *K4*, блокируя работу вентилятора на большой скорости.

При постановке *S15* в положение «Микроволновая печь» замкнувшимися контактами переключателя соединяются провода *75–36* и *75–726*, обеспечивая включение реле *K30* (51) и светодиода *V95* (50).

Включение реле *K5*, *K30* и контактора *K4* возможно при движении поезда и замыкании контакта *K1* (47).

Остальные бытовые потребители включаются автоматическими выключателями, один из которых установлен на передней панели пульта управления, а второй (минусовая цепь) — внутри пульта. Исключение составляет холодильник *E17* (88). Питание на него подается тумблером *S60* (86), а защита осуществляется предохранителями *F75*, *F76* (83), сигнализация — светодиодом *V89* (86).

Включение водоохладителя *E16* (88) осуществляется автоматическими выключателями *Q19* и *Q22*, электродвигателя *M2* (92) циркуляционного насоса — *Q23* и *Q25* (92). Подача напряжения 50 В в розетки *X17–X19* (92) проводится выключателями *Q26* и *Q28* (94).

9.2.5. Система освещения и сигнализации вагона

Система освещения вагона управляется выключателями «Освещение» на правой двери пульта управления. Она состоит из:

— трех групп общего освещения *H31–39* (97–102), *H40–H43*, *H75* (109–112), *H85–H88* (112–122);

— одной группы софитов *H101–H138* (104–107);

— группы освещения вспомогательных помещений, управляемых соответствующими выключателями в помещениях и на пульте управления — *S13* (125) «Освещение пульта», *Q36* (133) тамбур, туалет тормозной стороны и *Q38* (134) туалет не тормозной стороны, *S53* (131) котельной, *S27* (127) служебного купе.

Освещение первых трех групп выполнено светильниками с двумя люминесцентными лампами, обеспечивающими основной режим освещения, и одной лампой накаливания, работающей в вечернем режиме. Включение освещения и выбор вида режима освещения осуществляется проводником переключателями *S17* (I группа — купе) и *S18* (II группа — проход и III группа — коридоры, служебное отделение и купе проводников), *S71* (служебное помещение). Включение освещения в купе производится пассажирами настенными выключателями *S61–S69* (99) и проводником выключателем *S72* (120) в своем купе.

Защита цепей освещения выполнена автоматическими выключателями и предохранителями:

— *Q14* (188), *Q15*, *F55* (186) — вечернее освещение I, II и III групп;

— *Q29* (99), *Q30* (102) — люминесцентное освещение I группы;

— *Q33* (108), *Q34* (111) — люминесцентное освещение II и III групп;

— *Q10* (133) — освещение IV группы.

Сигнализация помимо описанных видов включает в себя:

— пожарную сигнализацию — *УПС* (45–47), предохранители *F34, F35* (46), *K19* (45);

— сигнальные фонари *H7–H12* (50–51), включаемые тумблерами *S2* (50) «Тормозная сторона» и *S9* (52) «Не тормозная сторона» через предохранители *F62* и *F18* (53);

— сигнализацию о наличии замыкания проводов на корпусе вагона — светодиоды *V96* (2) «Корпус +» и *V97* (2) «Корпус». Включение сигнализации осуществляется при отключенном тумблере «Отключено» и переключателях *S10* (2) и *S11* (3). Контроль замыкания на корпус производится при отключенном тумблере *S8* (54) «Сигнализация налива воды» и установленных в положение «Отключено» переключателях *S2* и *S9* «Сигнальные фонари»;

— вызывную сигнализацию, служащую для вызова проводника к торцевым дверям для их открытия — кнопки *S42* (54), *S43* (56), расположенные у торцевых дверей вагона, светодиод *V84* (55) «Вызов» и звонок *H89* (56);

— сигнализацию о нагреве букс колесных пар — блок контроля нагрева букс (БКНБ, цепь 57–62), светодиоды *V83* (57) «Работа», *V82* (58) «Перегрев» и тумблер *S7* (60) «Проверка»;

— сигнализацию о наливе воды–светильники *H6*, *H5* (53) на боковинах вагона, тумблер *S8* (54), включающий данную сигнализацию и датчик уровня воды *E5*, размещенный в баке;

— сигнализацию занятости туалетов — автоматический выключатель *Q40* (139), датчики *S73*, *S74* (139,141), световые табло *H139* (139), *H140* (141).

Установка пожарной сигнализации *УПС* (блок *A9*, цепь 45–47) при возникновении пожара в вагоне срабатывает, включая звуковой и световой сигналы «Пожар», а также включает исполнительное реле пожарной сигнализации *K19* (45). Реле срабатывает и производит следующие действия:

— разомкнувшимся контактом в цепи *20* обесточивает реле *K6* и *K2*, вследствие чего генератор прекращает работу, и отключившийся контактор *K1* переключает не отключаемые потребители на питание от аккумуляторной батареи;

— разомкнувшимся контактом в цепи *77* снимается питание с катушки реле *K24*, что вызовет отключение электронагревателей котла;

— замкнувшимся контактом в цепи *37* обеспечивается переключение (включение) вентилятора вагона на низкую частоту вращения, как было описано выше.

Если возгорание произошло в пульте управления, то по команде *УПС* включается установка газового пожаротушения *УГП*, а вентиляция для предотвращения задымления вагона отключается (описано выше).

Установка газового пожаротушения состоит из блока управления пожаротушением *БУП* (блок *A15*), четырех газогенераторов *A16*, *A17*, *A21*, *A22*, установленных в нижней части пульта управления и пульта дистанционного пожаротушения *ПДП* (блок *A18*), установленного в купе проводников.

Установка имеет две очереди пуска – основную для тушения пожара и резервную для тушения повторных возгораний. Пуск основной очереди производится автоматически (с задержкой на *5–10* с по команде *УПС*) или вручную (без задержки). Пуск второй очереди ручной. Выбор режима осуществляется тумблером «Автопуск» на лицевой панели *БУП*. Ручной пуск каждой очереди раздельный, осуществляется кнопками «Пуск пожаротушения» *A18* (63–66) на *БУП* или *ПДП*.

На современных вагонах отечественной постройки устанавливается система контроля нагрева букс с полупроводниковыми позисторными термодатчиками (*СКНБП*) прижимной конструкции, что дает возможность при замене колесных пар не отсоединять провода датчиков и не вскрывать коробки зажимов. *СКНБП* состоит из восьми последовательно соединенных позисторных датчиков, подключенных к проводам *813* (60) и *804* (60), электронного блока *A8* (57–62), размещенного в пульте управления, а также элементов контроля и управления: светодиодов *V83* (57) «Работа», *V82* (58) «Перегрев» и тумблера *S7* (60).

Работа *СКНБП* основана на принципе контроля суммарного сопротивления термодатчиков. При нагреве букс выше 110°С сопротивление термодатчиков увеличивается в 30 и более раз (до 4 кОм). При увеличении сопротивления сигнализация выдает непрерывный световой и звуковой сигналы «Перегрев», а при нарушении электрической цепи датчиков (обрыв цепи, коротком замыкании, замыкании на корпус, попадании постороннего на-

пряжения) — прерывистый звуковой и световой сигналы «Неисправность».

Проверка *СКНБП* производится тумблером *S7* при постановке его в положение «Проверка» (разрыв цепи термодатчиков). При этом сигнализация должна работать в прерывистом режиме. Отсутствие сигнала или выдача непрерывного сигнала свидетельствуют о неисправности сигнализации.

9.2.6. Цепи высоковольтного отопления

Теплоносителем в системе отопления вагона является вода. Нагрев ее производится в комбинированном котле отопления при помощи нагревательных элементов *E3* и *E4* (122, 125), работающих на постоянном или переменном токе напряжением 3000 В или, при отсутствии электроэнергии на твердом топливе.

Питание электронагревателей котла осуществляется от локомотива через высоковольтную поездную магистраль напряжением 3000 В, разъемы *X21–X22* (122, 125), высоковольтный разъединитель *S59* (124), высоковольтные предохранители *F73* (122) и *F74* (124), замыкающиеся силовые контакты высоковольтных контакторов *K8* (122) и *K3* (124). Со стороны плюсового и минусового зажимов в цепи электронагревателей включены силовые катушки реле дифференциальной защиты *K28* (124), предназначенного для отключения контакторов в случае пробоя электронагревателей на корпус котла.

Для контроля за наличием напряжения в магистрали предусмотрено реле *K27* (115), катушка которого получает питание от высоковольтной магистрали через делитель напряжения на резисторах *R66–R85* (120) и мостовую схему выпрямителя *V22* (117). Замкнувшимся контактом этого реле в цепи 81 включается светодиод *V90* (81) «Отопление 3000 В».

Управление отоплением осуществляется от неотключаемой бортовой сети (провода *191* и *52*) через предохранители *F69* (80) и *F70* (73). Включение осуществляется тумблером *S37* (86) «Отопление», установленного с задней стороны левой двери пульта управления. Тумблеры *S35* «Группа 1» и *S36* «Группа 2» (цепи 85 и 89) служат для отключения, при необходимости, одной из групп электронагревателей. Тумблером *S57* (94) осуществляется выбор режима работы отопления — ручной или автоматический.

Наличие высокого напряжения в системе отопления накладывает определенные требования к обеспечению безопасных условий работы при эксплуатации. С этой целью все высоковольтное оборудование (за исключением нагревательных элементов) установлено в высоковольтном аппаратном ящике, корпус которого заземлен, а в схему введены следующие блокировки:

1 — от пробоя изоляции электронагревателей котла;

2 — по высокому напряжению;

3 — по наличию воды в котле;

4 — от перегрева воды в котле;

5 — при снятии крышки котла.

Первый вид блокировки обеспечивает дифференциальное реле защиты *К28* (94). При нормальной работе схемы по катушкам реле протекают токи одной величины, создающие равные, компенсирующие друг друга, магнитные потоки. При пробое на корпус котла одного или нескольких нагревательных элементов в соответствующих катушках будут протекать токи разной величины, что вызывает срабатывание реле и отключение высокого напряжения. Происходит это следующим образом:

— *К28* срабатывает и замкнувшимся контактом в цепи *78* шунтирует катушку реле *К24* (76);

— реле *К24* отключается и обеспечивает катушку реле *К25* разомкнувшимся контактом в цепи *90*;

— реле *К25* разомкнувшимися контактами в цепях *85* и *88* разрывает цепи питания высоковольтных контакторов *К3* и *К8*. Последние своими разомкнувшимися контактами (цепи *123* и *125*) отключают электронагреватели *Е3* и *Е4*.

Помимо указанного, разомкнувшимся контактом *К25* в цепи *82* отключаются светодиоды *V93* (82) и *V94* (83), сигнализирующие о включении соответственно электронагревателей 1-й и 2-й групп, а реле *К24* дополнительно производит следующие действия:

— разомкнувшимся контактом в цепи *77* разрывается цепь питания собственной катушки, что исключает его последующее включение без нажатия кнопки *S20* (76) «Восстановление защиты отопления»;

— замкнувшимся контактом в цепи *75* включается светодиод *V92* (75) «Утечка тока».

Второй вид блокировки включает в себя герконы *S28* (94), *S29* (97) и разъединитель *S59* (124), установленные в высоковольтном аппаратном ящике. При открытии крышки высоко-

вольтного аппаратного ящика на 25–40 мм герконы разрывают цепь питания катушки реле *K25*, которое отключает контакторы *K3* и *K8*. Высокое напряжение снимается. При дальнейшем открывании крышки разъединитель *S59* своим подвижным контактом отключает высоковольтную цепь вагона от подвагонной магистрали и соединяет ее с корпусом вагона (провод 100).

Третья блокировка предотвращает работу нагревателей котла в воздушной среде (без воды или низком ее уровне). Эту функцию выполняет реле уровня воды *B12* (78). При снижении уровня воды на 200 мм ниже нормы контакт *B12* (78) размыкается и отключает реле *K24*. При размыкании *B12* снимается шунт со светодиода *V91* (79) «Уровень воды» и он загорается.

Четвертая блокировка предотвращает работу нагревателей при температуре воды на выходе из котла свыше 95°C. При достижении температуры воды до указанного значения контакт термодатчика *B8* (90) размыкается, отключает реле *K25*. Повторное включение происходит при снижении температуры воды до 85°C.

Пятый вид блокировки предотвращает включение электронагревателей при снятии защитного кожуха котла. При этом размыкается контакт концевого выключателя *S22* (91), отключая реле *K25*.

Для включения электронагревателей котла в режиме ручного управления необходимо:

— тумблер цепи управления отоплением *S37* (86) установить в положение «Включено»;

— тумблер *S57* (93) режима управления отоплением установить в положение «Ручное» (контакт тумблера *S57* в цепи *93* замкнут);

— тумблеры *S35* и *S36* (85 и 89) установить в положение «Включено»;

— нажать кнопку *S20* (76) «Отопление. Возврат защиты».

При замыкании контактов кнопки *S20* включается реле *K24* (76), катушка которого получает питание по цепи: провод *191*, предохранитель *F69* (80), замкнутые контакты датчика уровня воды *B12*, реле *K19*, кнопки *S14* (77) «Аварийная», замкнувшийся контакт *S20*, катушка реле *K24*, провод *532*, предохранитель *F70* (73), провод *52*.

При включении реле *K24*:

— замкнувшимся контактом в цепи *77* реле самоблокируется через резистор *R62* (77);

— разомкнувшимся контактом в цепи *75* разрывается цепь питания светодиода *V92* (75) «Утечка тока»;

— разомкнувшимся контактом в цепи разрывается цепь питания светодиода *V91* (80) «Уровень воды»;

— замкнувшимся контактом в цепи *90* включается реле *К25* по цепи: провод *191*, предохранитель *F69* (80), провод *501*, замкнутые контакты *S37* (86), провод *503*, резистор *R9* (91), провод *513*, замкнутые контакты *S57* (93), *S29* (92), *S28* (94), *S22* (91), *В8* (90), *К24* (90), катушка реле *К25* (90), резистор *R10* (89), провод *532*, предохранитель *F70* (73), провод *52*.

При срабатывании реле *К25* его замкнувшимися контактами в цепях *85* и *88* включаются высоковольтные контакторы *К8* и *К3*, которые в свою очередь включают нагревательные элементы котла *Е3* и *Е4*. Одновременно через замкнувшийся контакт *К25* (82) включаются светодиоды *V93* «Группа 1» и *V94* «Группа 2» через замкнутые контакты тумблеров *S35* (82), *S36* (83) и резисторы *R103*, *R104*.

Выключение отопления производится тумблером *S37* при постановке его в положение «Выключено».

Основным режимом работы отопления является режим автоматического управления. При постановке тумблера *S57* в положение «Автоматика» его контакты в цепи *93* будут разомкнуты. Управление работой электронагревателей котла осуществляется блоком управления отоплением (блок *А2*), поддерживающим температуру в вагоне в пределах 20±2°С.

Работа отопления осуществляется по специальной программе, обеспечивающей зависимость температуры воды в котле от температуры наружного воздуха и температуры в вагоне. Регулирование температуры осуществляется *БУО* по сигналам термодатчиков *R19* (106) на 24 °С и *R20* (99) на 18°С, поступающих в блок с датчиков – реле температуры *А13* и *А14*. В интервале температуры воздуха в вагоне от 18 до 24°С с БОУ работают термопреобразователи сопротивления *R11–R13* (режим программного регулирования), которыми контролируется:

— *R11* (101) — температура воды на выходе из котла;

— *R12* (102) — температура наружного воздуха;

— *R13* (102) — температура воздуха в вагоне.

При температуре воздуха в вагоне ниже 18°С датчик-реле *А14* подает соответствующий сигнал на *БОУ*, с выхода которого (контакт *Б1*) получает питание реле *К25*. При этом включаются высоковольтные контакторы *К8* и *К3*. При достижении темпе-

ратуры воздуха в вагоне 18°С реле *К25* остается включенным. Этим обеспечивается ускоренный выход температуры воздуха в вагоне в заданный диапазон регулирования. При достижении температуры воздуха в вагоне 24°С датчик-реле *А13* подает соответствующий сигнал на *БОУ*, который отключит реле *К25*.

Повторное включение отопления производят при снижении температуры в вагоне ниже 18°С.

9.3. Электрические схемы пассажирских вагонов типа К/к

9.3.1. Схема системы электроснабжения купейного вагона К/к

Принципиальная электрическая схема пассажирского вагона типа К/к приведена на рис. 9.5 (см. вкладку).

Основным источником электроэнергии являются трехфазный индукторный генератор переменного тока *1m1* (110–112). Генератор имеет трехфазную статорную обмотку, соединенную по схеме «звезда», и обмотку возбуждения *F1 – F2* (113). От токов короткого замыкания генератор защищен предохранителями *1u1e7* (110), *1u1e12* (111), *1u1e2* (112) на 200 А. Напряжение от генератора через двухпозиционный шестиполюсный переключатель *1u1a1* (110–112), установленный в положение 1 «Генератор», подается на вход выпрямителя *1u1u1*, *1u1u2*, *1u1u3* (114–119). Переключатель *1u1u1* предназначен для подключения к выпрямителю или силовых обмоток генератора, или вторичных обмоток трансформатора *1u4m1* (101–108).

Конденсаторы *К4 – К8* и резистор *r2*, подключенные к выпрямителю, выполняют роль фильтра для снижения радиопомех. «Плюс» выпрямителя через предохранитель *1e1* (114) на 250 А и шунт *1f2* подключается к общему плюсовому проводу *Г5*. Амперметр *1g3* (115), подключенный к шунту *1f2*, контролирует ток нагрузки генератора. «Минус» выпрямителя через шунт *1u1f1* (120) подключается к общему минусовому проводу *МБ1*. Шунт *1u1f1* проводами *Г20, Г22* подключен к клеммам 1.07 и 2.07 электронного регулятора напряжения генератора *1u2*.

Резервным источником электроэнергии является щелочная никель-кадмиевая аккумуляторная батарея *1n1* (121) номинальной емкостью 390 А·ч. «Плюс» аккумуляторной батареи через предохранитель *1e2* (121) на 160 А и шунт *1f1* подключен к проводу *Г5*. К шунту *1f1* подключен амперметр *1g1* (120) для контроля за величиной тока зарядки-разрядки аккумуляторной батареи. При отклонении стрелки амперметра влево измеряется величина тока разрядки, при отклонении вправо — величина тока зарядки. «Минус» батареи через предохранитель *1u5f1* (121) на 200 А, находящийся в аккумуляторном ящике, и шунт *1u1f1* подключается к общему минусовому проводу *МБ1*. Шунт *1u5f1* проводами *Г18*, *Г19* подключается к клеммам 1.08 и 2.08 блока *1u2*.

Измерение напряжения осуществляется вольтметром *1g2* (167). Если выключатель *1b4* (166) находится в положении «генератор – батарея», то измеряется напряжение генератора или аккумуляторной батареи. При постановке переключателя *1b4* в положение «Сеть» контролируется стабилизированное напряжение сети.

Регулирование величины напряжения генератора, тока генератора и величины тока зарядки аккумуляторной батареи осуществляется регулятором напряжения генератора (блок *1u2*) путем воздействия на ток обмотки возбуждения *F1 – F2* (113) генератора.

Обмотка возбуждения генератора получает питание по цепи: «Плюс» выпрямителя *1u1n3*, *1un4*, *1u1n5* (110–113), предохранитель *e11* (113) на 10 А, провод *Г12*, автоматический выключатель *1e5*, (127), провод *Г43*, контакты выключателя магистрали *1a3* (130), провод *Г42*, контакты главного выключателя *2a2* (130), провод *Г17*, клеммы 3.04, 4.04 блока *1* и *2*, клеммы 3.05, 4.05 этого же блока, провод *Г11*, обмотка возбуждения *F1*, *F2* (113), провод *МБ11*, шунт *1f4* (129), минусовой провод *МБ1*.

Кроме того с провода *Г43* получает питание светодиод *1h1* (132) «Генератор», а с провода *Г1* светодиод *1h3* «Возбуждение генератора».

При увеличении напряжения генератора до 101 В срабатывают два реле движения — стоянки *1d1* (140) и *1d3* (139), получая питание по цепи: выпрямитель, собранный на диодах *1u1n6* – *1u1n8* (101–106), предохранитель *e13* (100), провод *КЦ2*, катушки реле *1d1* и *1d3* провод *МБО* и далее как описано выше. При

срабатывании этих реле деблокируется работа следующих потребителей:

— замкнувшимся контактом *1d1* (306) — нагревательных элементов низковольтного электроотопления и элетрокалорифера;

— замкнувшимся контактом *1d1* (446) — принудительное включение электродвигателя вагонного вентилятора на I ступень частоты вращения;

— замкнувшимся контактом *1d1* (410) обеспечивается возможность работы установки кондиционирования воздуха на третьей ступени охлаждения;

— замкнувшимся контактом *1d3* (408) обеспечивается работа установки кондиционирования воздуха на второй ступени охлаждения.

Когда напряжение генератора превысит напряжение аккумуляторной батареи потребители автоматически переключаются на питание от генератора В зависимости от величины напряжения батареи генератор берет на себя нагрузку при разных скоростях движения. Например, при разряженной батарее и небольшом токе потребителей вагона нагрузка раньше переключается на генератор.

В целях обеспечения оптимального режима заряда аккумуляторной батареи регулятор напряжения генератора *1u2* автоматически регулирует величину напряжения генератора в зависимости от температуры воздуха в аккумуляторном ящике. Измерение температуры осуществляется с помощью терморезистора *1f3* (145) блока *1u1*, который подключается к клеммам *3.07*, *4.07* и *4.08* регулятора напряжения. С уменьшением температуры электролита напряжение зарядки должно увеличиваться, и наоборот. Уменьшение зарядного тока при повышении температуры электролита, кроме экономии электроэнергии и расхода электролита, играет еще и защитную роль, так как предотвращает повышение температуры электролита свыше 60–70°С, при которой срок службы аккумуляторов значительно сокращается.

Терморезистор *1f1* включается в одно из плеч измерительного моста и в зависимости от температуры воздуха в аккумуляторном ящике обеспечивает рассогласование моста. Измерительный мост регулируется таким образом, чтобы при температуре 0°С он находился в равновесном состоянии и регулятор *1u2* обеспечивал напряжение генератора на уровне 141В. При изменении температуры воздуха от 0°С до +55°С напряжение уставки имеет прямолинейную характеристику и изменяется от 141 В до

127 В. Основным напряжением уставки регулятора является напряжение равное 135 В, соответствующее температуре 17°С.

Схемой регулятора предусмотрена возможность ограничения тока генератора на уровне 230 А и ограничения тока зарядки аккумуляторной батареи на уровне 90 А. Оба указанных ограничения обеспечиваются путем снижения напряжения генератора независимо от температуры воздуха в аккумуляторном ящике.

Режим стоянки

В режиме стоянки потребители вагона получают питание от аккумуляторной батареи *1n1* (121). Так как при стоянке вагона или при его движении с малой скоростью реле движения — стоянки *1d1* и *1d3* выключены, то исключается возможность работы низковольтного электроотопления, электрокалорифера и установки кондиционирования воздуха на II и III ступенях холодопроизводительности. Этим самым предотвращается чрезмерная разрядка аккумуляторной батареи. С целью предотвращения чрезмерного разряда аккумуляторной батареи предусмотрены две ступени ее защиты. При снижении напряжения до 101 В по команде блока *1u2* отключается реле *1d7* (142). Замкнувшимся контактом в цепи *151* включается светодиод *1h10* «Ступень 2», одновременно разомкнувшимся контактом в цепи *157* выключается контактор *1c2* (157). При отключении контактора *1c2* размыкаются его контакты в цепях *400, 451, 515* и *517*, отключая соответственно установку кондиционирования воздуха, подогреватель масляной ванны компрессора, охладитель питьевой воды и холодильник.

Если напряжение аккумуляторной батареи будет снижаться дальше, то при напряжении 87 В электронная защита от минимального напряжения отключит реле *1d6* (144). При этом замкнувшимся контактом в цепи *150* включается светодиод *1h5* «Ступень 1», а разомкнувшимся контактом в цепи *159* выключается контактор *1c1* (159). При отключении контактора *1c1* размыкаются его контакты в цепях *445*, *229* и *153*, что вызовет отключение всех потребителей за исключением аварийного освещения, сигнальных устройств и радиоустановки.

При срабатывании электронной защиты от пониженного напряжения необходимо произвести подзарядку аккумуляторных батарей. Восстановление защиты происходит при повышении напряжения батареи до 115 В.

Магистральный режим

При неисправности генератора, аккумуляторной батареи или электронного регулятора напряжения генератора предусмотрена возможность питания потребителей от системы электроснабжения соседнего вагона через низковольтную поездную магистраль. Причем оба вагона должны иметь одинаковые системы электроснабжения с номинальным напряжением 110 В. Соединение осуществляется с помощью однополюсных разъемов *1b25*, *1b27* (147) и *1b26, 1b28* (149), смонтированных на торцевых стенах вагонов.

Подача в магистраль

Переключатель магистрали *1a3* из положения «Нормальный режим» необходимо перевести во второе положение «Подача в магистраль».

При этом плюсовой провод *Г5* через предохранитель *1e7* (147) на 25 А, контакты переключателя *1a3* (147), установленного во второе положение, диод *1n5* (147), провод *ПС1* соединяется с плюсовыми разъемами низковольтной магистрали. Одновременно минусовой провод *МБ1* через предохранитель *1e8* (147) на 25 А, контакты переключателя *1a3* (147) и провод *ПС2* соединяется с минусовым разъемом.

Прием из магистрали

В вагоне с неисправной системой энергоснабжения переключатель *1a3* устанавливают в четвертую позицию «Прием из магистрали». Положительный потенциал подвагонной магистрали по проводу *ПС1* и через контакты переключателя *1a3* (150) подается на плюсовую шину *Г66*, а через автоматический выключатель *1e13* (153) на 6 А и контакты переключателя *2a2* (153), установленного в любое рабочее положение, а также замкнувшийся контакт *1c1* (154) на провод цепи управления *КЦ66.* Отрицательный потенциал подвагонной магистрали по проводу *ПС2,* контакты переключателя *1a3* (147), установленного в позицию *4*, и предохранитель *1e8* подается на общий минусовой провод *МБ1*. При этом в вагоне с неисправной системой электроснабжения готовы к работе следующие потребители:

— система контроля нагрева букс; вызывная сигнализация; система управления высоковольтным отоплением; насос отопле-

ния; система пожарной сигнализации; штепсельные розетки в служебном купе, пульте управления, малом коридоре II; холодильник; электродвигатель вагонного вентилятора на первой ступени; люминесцентное освещение *1/2*; освещение лампами накаливания за исключением светильников для чтения, светильников и розетки в радиокупе.

Питание от постороннего источника

При длительной стоянке вагона предусмотрена возможность его подключения к посторонней сети трехфазного тока напряжением 380 В. Приборы, необходимые для питания от постороннего источника, находятся в аппаратном ящике для выпрямителя *1u1* и приборном ящике для трансформатора *1u4*, под вагоном. Трансформатор *1u4m1* (100–109) мощностью 23,8 кВА включается контактором *1u1c1* (100–106). Защита трансформатора от токов короткого замыкания осуществляется предохранителями *1ue2 – 1u1e4* (100–106) на 63 А, а от перегрузки с помощью теплового реле *1u1e1*. Нагревательные элементы теплового реле включены в каждую фазу первичной обмотки трансформатора, а нормально-замкнутые контакты *1u1e1* (164) в цепь питания катушки контактора *1u1c1* (164). Подключение вагона к постороннему источнику осуществляется четырехжильным кабелем *1b5*, подключаемым к штепсельному разъему *1u1b1* (100–106).

Перед включением постороннего источника переключатель *1u1a1* необходимо перевести из положения 1 «Генератор» в положение 2 «380 В». Замкнувшимися контактами переключателя *1u1a1* в цепях *102, 105* и *108* вторичная обмотка трансформатора *U, V, W* подключается к выпрямителю. Одновременно разомкнувшимися контактами в цепях 110–112 переключателя *1u1a1* силовые обмотки генератора будут отключены от выпрямителя. Переключатель магистрали *1a3* должен быть установлен в положение «Нормальный режим», главный переключатель *2a2* должен бьть установлен в одно из рабочих положений «Дневной режим», «Ночной режим» или «Служебное купе». Автоматический выключатель *1e13* (152) «Плюс цепи управления» должен находиться в положении «Включено».

Включение постороннего источника осуществляется кнопкой *1u1b2* (164), при замыкании контактов которой получает питание катушка контактора *1u1c1* (164). Замкнувшимися силовыми кон-

тактами *1u1c1* (100, 103, 106) напряжением внешней сети подается на первичную обмотку трансформатора через контакты переключателя *1u1a2*. Как и в режиме движения срабатывают реле движения — стоянки *1d1* и *1d3* и своими контактами деблокирует мощные потребители. Одновременно замкнувшимся контактом *1u1c1* (160) контактор самоблокируется и включает светодиоды *1h4* (160) и *1u1h1* (162) «Внешнее питание». При срабатывании контактора *1u1c1* включаются два электродвигателя *1m2* (109) вентиляторов батарейных ящиков, получая питание через предохранители *1u1e5* (108) и *1u1e5* (109) на 10 А. Питание потребителей вагона и зарядка аккумуляторной батареи осуществляется выпрямленным напряжением вторичной обмотки трансформатора, подобно генераторному режиму во время движения вагона. При питании от постороннего источника регулятор возбуждения генератора *1u2*, отключен контактами выключателя *1u1a1* (110–112). Обмотка возбуждения *F1 – F2* (113) обесточена и не нагревается. Так как при питании от постороннего источника не предусмотрена возможность регулирования напряжения трансформатора подобно принципу регулирования напряжения генератора, то величина тока нагрузки зависит от состояния аккумуляторной батареи и включенных потребителей. С помощью переключателя *1u1a2* (102, 105, 108) можно путем переключения отводов первичной обмотки трансформатора *1u1m4* привести напряжение выпрямителя в соответствие с напряжением посторонней сети и величиной тока нагрузки.

Контроль за режимами работы системы энергоснабжения осуществляется по амперметрам *1g1, 1g3* и вольтметру *1g2*. Выключение постороннего питания в нормальных условиях осуществляется кнопкой *1b1* (164), расположенной на передней панели пульта управления вагона или кнопкой *1u1b3* (164), находящейся в подвагонном аппаратном ящике *1u1*. При возникновении аварийных ситуаций отключение производится кнопкой *1b7* «Авария». При нажатии на кнопку *1b7* ее разомкнувшийся контакт в цепи *164* разрывает цепь питания катушки контактора *1u1c1*, что вызовет отключение контактора. Разомкнувшимся контактом *1d4* (164) предотвращается повторное включение контактора *1u1c1*. Разомкнувшимся контактом *1d4* (159) выключается контактор *1c1*, а разомкнувшимся контактом в цепи *154* отключаются цепи управления *КЦ1* и *КЦ66*, что вызовет отключение ранее включенных потребителей. Разомкнувшимся

контактом *1d4* (137) включается светодиод *1h2* «Авария». После устранения причины, вызвавшей возникновение аварийной ситуации, возврат схемы в нормальное состояние осуществляется кнопкой *1b6* (128) «Сброс защиты».

9.3.2. Схема цепей освещения

Освещение вагона обеспечивается люминесцентными лампами и лампами накаливания. Люминесцентные лампы используются для общего освещения купе, коридоров и дублируются лампами накаливания. Поэтому в потолочных светильниках купе и коридоров установлены и люминесцентные лампы и лампы накаливания. Одновременное включение люминесцентных ламп и ламп накаливания в светильниках не предусмотрено, это обеспечивается коммутацией электрических цепей с помощью переключателей *2a4* (213–215), *2a8* (216–218), *2a5* (220–222).

Сеть освещения лампами накаливания разделена на 6 групп.

I группа — аварийное освещение служебного купе (1 лампа накаливания 110 В х 25 Вт), находящаяся в светильнике *2v1* (214), включаемая выключателем *2a6* (214); лампа синего света, установленная в плафоне *2v2* (217) купе проводников (1 лампа 110 В х 15 В), включаемая выключателем *2a11* (217); два светильника для чтения *2v20* (219) каждый с 1 лампой накаливания 110 В х 15 Вт. Защита ламп этой группы осуществляется автоматическими выключателями *2e5*, *2e6* (219) на ток 6 А.

II группа — хвостовые сигнальные фонари *2v9* (238) и *2v10* (240), каждый из которых состоит из трех ламп накаливания 110 В х 40 Вт. Включение сигнальных фонарей осуществляется выключателем *2a9* (239) и переключателем *2a13* (239), защита осуществляется автоматическими выключателями *2e7*, *2e8* (239) на ток 6 А.

III группа — светильник котельной *2v11* (232) с одной лампой накаливания 110 В х 25 Вт, включаемый выключателем *2a10* (232); четыре лампы пульта управления *2h3* (235), включаемые выключателем *2a15* (235); розетки *2b17* (231) служебного купе, *2b3* (233) и *2b6* (234) малого коридора II, *2b4* (236) бокового коридора и *7u4b1* (712) радиокупе, а также светильник *2v12* (237) радиокупе с двумя лампами на 110 В х 15 Вт. Защита потребителей III группы осуществляется автоматическими выключателями *2e9* и *2e10* (235) на 6 А.

IV группа — 9 ламп синего света, установленных в светильниках *2v3* (221) купе мощностью по 15 Вт на напряжение 110 В, включаемых выключателем *2a7*; два светильника туалетов *2v7* (225) с одной лампой 110 В х 25 Вт; два светильника тамбуров *2v18* (226) с одной лампой 110 В х 25 Вт. Защита потребителей этой группы осуществляется автоматическими выключателями *2e11* и *2e12* (225) на ток 6 А.

V группа — 36 светильников для чтения *2v16* (230), установленных в купе (софиты), каждый с одной лампой 110 В х 15 Вт. На вагонах с двухместными купе установлено восемнадцать таких светильников. Кроме того, на вагонах с двухместными купе к этой группе подключены также 19 светильников зеркал *2v19* (228), каждый с двумя лампами 110 Вт х 15 Вт. Защита светильников V группы осуществляется автоматическими выключателями *2e17* и *2e18* (229).

VI группу составляют светильники тамбуров *2v8* (227), включаемые автоматическими выключателями *2e13* и *2e14* (227) на ток 6 А.

Лампы накаливания сети освещения получают питание по проводу *O1* от диодного ограничителя напряжения сети *2u1* (200–202). Применение диодного ограничителя напряжения сети обусловлено тем, что напряжение на аккумуляторной батарее при движении вагона может изменяться от 95 до 141 В в зависимости от степени зарядки батареи и температуры электролита. Диодный ограничитель напряжения сети состоит из трех диодных блоков, каждый из которых состоит из 18 последовательно соединенных диодов. Падение напряжения на каждом блоке составляет примерно 15 В при изменении тока нагрузки от 1 до 15 А.

Люминесцентные лампы вагона работают с индивидуальными транзисторными преобразователями, с помощью которых постоянный ток напряжением 110 В преобразуется в переменный ток напряжением 220 В и частотой 18 кГц.

Включение люминесцентного освещения осуществляется главным выключателем *2a2* (205, 208) при постановке его в положения «Ночной режим» или «Служебное купе». В положении «Ночной режим» возможно включение всех люминесцентных ламп. Если переключатель установлен в положение «Служебное купе», то можно включить только люминесцентные лампы в служебном купе, купе проводников, два светильника в боковом коридоре и светильник в малом коридоре II.

Система люминесцентного освещения вагона разделена на две группы. Обе группы имеют фильтры, состоящие из дросселей *2k3* (205), *2k4* (206) и конденсаторов *2k1* (205), *2k2* (206). При помощи фильтров обеспечивается демпфирование пиков напряжения, что способствует нормальному режиму работы преобразователей. В цепи плюсовых проводов преобразователей установлены автоматические выключатели *2e21* (208), *2e22* (209) на 6 А, а в цепи минусовых — предохранители *2e1* (205), *2e2* (206) на 10 А.

В положении «1/2» выключателя *2a3* его контакт в цепи *204* разомкнут и катушка контактора *2c2* (203) обесточена. Разомкнувшимся контактом *2c2* (206) разрывается цепь питания вторых люминесцентных ламп в каждом светильнике. При этом переключателем *2a14* (208) для купе пассажиров или *2a16* (211) для служебного отделения и купе проводников можно включить или первую, или вторую лампы в светильниках.

В положении «1/1» переключателя *2a3* (контакт переключателя в цепи 204 замкнут), контактор *2c2* (203) включен и замкнувшимся контактом в цепи *206* подает напряжение на вторые люминесцентные лампы.

9.3.3. Схема цепей электродвигателя вагонного вентилятора

Система вентиляции вагона имеет две ступени подачи воздуха: высокую — в режиме охлаждения воздуха летом, и низкую — в режиме отопления вагона зимой и в переходные периоды года. Регулирование подачи воздуха системы вентиляции осуществляется за счет изменения частоты вращения приводного электродвигателя. Частоту вращения электродвигателя регулируют за счет введения добавочных резисторов в цепь якорной обмотки, а также изменением тока в обмотке возбуждения.

Электродвигатель вагонного вентилятора *4m3* (448) получает питание по проводам *Г66* и *МБ2*. Предохранители *4e7* и *4e8* (450) на 25 А, установленные в силовой цепи двигателя, обеспечивают его защиту от коротких замыканий, а тепловое реле *4e13* (448) обеспечивает защиту двигателя от перегрузок. Включение электродвигателя осуществляется тремя последовательно соединенными контактами контактора *4c1* (445). Резисторы *1u4r5* (448) в цепи якорной обмотки и *1u4r6* (449) в цепи шунтовой обмотки

возбуждения двигателя обеспечивают две ступени частоты вращения вентилятора. Оба резистора могут быть замкнуты накоротко контактами контактора *4c2* (447 и 450).

На первой ступени включен один контактор *4c1*. В цепь обмотки якоря введен резистор *1u4r5*, а резистор *1u4r6* в цепи обмотки возбуждения замкнут накоротко размыкающимся блок-контактом *4c2* (450), который на первой ступени находится в выключенном состоянии. Шунтовая обмотка возбуждения двигателя подключена непосредственно к питающему напряже-нию и через нее проходит большой ток, а ток якорной обмотки наоборот имеет наименьшее значение. Поэтому на первой ступени частота вращения электродвигателя и, соответственно, подача воздуха вентилятором низкие.

На второй ступени регулирования включены два контактора *4c1* и *4c2*. При этом резистор *1u4r5* в цепи обмотки якоря замыкается накоротко силовым контактом контактора *4c2* (447), а размыкающимся блок-контактом *4c2* (450) того же контактора в цепь обмотки возбуждения вводится резистор *1u4r6* (449). В результате этого ток якорной обмотки увеличивается, а ток обмотки возбуждения уменьшается, что приводит к увеличению частоты вращения электродвигателя вентилятора и подачи воздуха.

Схема цепей управления работой двигателя обеспечивает автоматическое регулирование частоты вращения вентилятора, а следовательно, и подачи воздуха. Схема цепей управления обеспечивает также автоматическое включение вентиляции независимо от положения режимного переключателя *3b2*, даже если он находится в положении «Выключено» при работающем генераторе, если температура воздуха в канале воздуховода не ниже 18°С. Кроме того, схема не допускает включения холодильной установки и электрокалорифера без вентиляции. Она исключает также возможность включения вентилятора сразу на работу с высокой частотой вращения.

Режим работы оборудования задается с помощью главного режимного переключателя *3b2*. При стоянке вагона, когда генератор не работает, в положении переключателя *3b2* «Отключено» (позиция 1), контактор *4c1* выключен. В этом положении переключатель находится при отстое вагона, когда не требуется работа вентиляции. Для автоматического включения вентилятора на ходу поезда, даже если режимный переключатель находится в положении «Выключено», в схеме цепи управления контак-

тора *4c1* (445) предусмотрено шунтирование контакта переключателя *3b2* (445) замыкающимися контактами реле контроля напряжения генератора *1d1* (446) и реле *4d9* (446), включение которого зависит от температуры воздуха в канале воздуховода.

Если температура воздуха в канале воздуховода выше 18°С, ртутный контактный термометр *3u10f3* (453) замыкает цепь питания катушки реле *4d9* (453). При срабатывании реле *4d9* его замкнувшиеся контакты в цепи *446* обеспечивают включение контактора *4c1*. При снижении температуры воздуха ниже 18°С происходит автоматическое отключение вентиляционной установки.

Рассмотрим процесс включения вентилятора на первую и вторую ступени. На первую ступень двигатель вентилятора включается контактором *4c1*, напряжение на катушку которого подается при установке переключателя *3b2* (445) в положения: 2 — отопление переходное, 3 — отопление основное, 5 — охлаждение. Включение контактора *4c1* в этих случаях происходит независимо от того, работает генератор или нет, и независимо от температуры воздуха в канале воздуховода. При этом контактор остается постоянно включенным.

В цепи катушки контактора *4c1* находится контакт теплового реле *4e13*, которым обеспечивается отключение контактора и остановка электродвигателя вентилятора при перегрузке. В цепь питания катушки контактора *4c1* включен контакт контактора *1c1* (445), которым отключается двигатель вентилятора при срабатывании блока реле пониженного напряжения в случае снижения напряжения аккумуляторной батареи ниже 101 В.

На вторую ступень с большой частотой вращения вентилятор включается только при работающей холодильной установке — после окончания пуска двигателя компрессора. Включение двигателя вентилятора на вторую ступень осуществляется контактором *4c2*, катушка которого (412) подключена к проводу *КУ5* цепей управления, т.к. с большой подачей воздуха вентилятор должен работать только при охлаждении воздуха в вагоне.

Если режимный переключатель *3b2* находится в положении «Охлаждение», то замкнуты его контакты в цепях *445* и *401*. После включения электродвигателя вентилятора, замкнувшимся контактом контактора *4c1* (400) подается напряжение в провод *КУ5*, к которому подключены цепи управления холодильной

установки. Таким образом, блок-контакт *4с1* (400) исключают работу холодильной установки без вентиляции, а также предотвращает пуск двигателя вентилятора сразу на вторую ступень. Без этого пуск двигателя с ослабленным магнитным полем и без добавочного резистора в цепи обмотки якоря сопровождался бы большим пусковым током. Включение контактора *4с2* происходит после завершения процесса пуска электродвигателя компрессора и электродвигателя вентилятора конденсатора замыкающимся контактом контактора *4и4с3* (412).

После включения контактора *4с2* его замкнувшийся контакт *4с2* (413) шунтирует блок-контакт *4и4с3* (412), и контактор самоблокируется, что обеспечивает дальнейшую работу вагонного вентилятора на высокой частоте вращения с большой подачей воздуха независимо от работы холодильной установки.

Сигнализация о работе вагонного вентилятора осуществляется светодиодом *4h2* (200), который включен параллельно катушке контактора *4с1*.

9.3.4. Схема цепей низковольтного электроотопления

В переходные периоды года при температуре наружного воздуха от –5 до +15°С и неработающем основном отоплении помещение вагона может обогреваться при помощи низковольтного электроотопления. Оно состоит из электрокалорифера *3U1* (316) мощностью 6 кВт и электропечей *3U2 – 3U7* (317–320) общей мощностью 5,5 кВт, объединенных в три группы. Первая группа состоит из последовательно соединенных печей мощностью по 0,25 кВт на напряжение 60 В служебного отделения *3U2* (317) и купе проводников *3U3*. Во вторую группу включены электропечи *3U4* (318) 1–5 купе мощностью 0,5 кВт при напряжении 125 В. В третью группу входят электропечи *3U5* (320), установленные в 6–9 купе и электропечи *3U6, 3U7* туалетов.

Защита от токов коротких замыканий и перегрузок цепей отдельных групп осуществляется автоматическими выключателями *3е7 – 3е12* (317–319) на токи 6 и 25 А, а защита общей цепи электропечей осуществляется предохранителями *3е3, 3е4* (317) на ток 63 А. Цепь электрического калорифера защищена предохранителями *3е1, 3е2* (316) на ток 63 А. Защита нагревательных элементов электрокалорифера от перегрева в случае прекращения работы вагонного вентилятора осуществляется специаль-

ным предохранителем *e1* (316), плавкая вставка которого расплавляется при температуре 70°С.

Включение электропечей осуществляется контактором *3c3* (317) при температуре воздуха в купе ниже 22°С, а при достижении этой температуры выключается. Электрокалорифер включается контактором *3c4* (316) только при работающем вентиляторе и температуре в канале воздуховода ниже 18°С, а при достижении температуры 20°С отключается. В переходные периоды времени года электропечи и электрокалорифер получают питание от подвагонного генератора.

Рассмотрим цепи управления контакторами электропечей и электрическим калорифером.

Катушка контактора *3c3* (307) электропечей получает питание от провода *КЦ1* через контакт главного режимного переключателя *3b2* (306) при нахождении его во втором положении «Отопление переходное» через замыкающийся контакт реле контроля напряжения *1d1* (306) генератора. Включение и отключение электропечей осуществляется автоматически под действием ртутноконтактного датчика *3U11f3* (305) на 22°С, включенного в цепь питания катушки реле *3d2* (305). При температуре воздуха в купе ниже 22°С реле *3d2* обесточено и через его замкнутый контакт в цепи *306* получает питание катушка контактора *3c3*. При включении контактора *3c3* замыкаются три его силовых контактора в цепи *317*, включая электрические печи, а разомкнувшимся контактом в цепи *307* последовательно с катушкой *3c3* включается резистор *3c3r1* (306). Когда температура в вагоне повысится до 22°С, то замыкается контакт ртутно-контактного термометра *3U11f3* (304) в цепи катушки реле *3d2* (304). Промежуточное реле *3d2* включается и своим разомкнувшимся контактом в цепи *306* разрывает цепь питания катушки контактора *3c3*, что вызовет отключение электропечей. При снижении температуры в вагоне ниже 22°С размыкается контакт термодатчика и цикл повторяется.

Катушка контактора *3c4* (308) электрического калорифера получает питание от провода *КЦ1* через контакт переключателя *3b2* (306) только во втором положении, замыкающийся контакт *1d1*, размыкающийся контакт промежуточного реле *3d1* (309) и замыкающийся блок-контакт *4c1* контактора электродвигателя вентилятора. Введение блокировки *4c1* предусмотрено для того, чтобы не допустить включение электрического калорифера при

неработающей вентиляции во избежание недопустимого перегрева электронагревательных элементов. Включается и отключается электрокалорифер автоматически под действием двух ртутно-контактных термометров: *3u10f3* (453) на 18°С и *3u10f4* (301) на 20°С, установленных в канале воздуховода через соответствующие промежуточные реле *4d9* (453) и *3d1* (300).

При установке главного режимного переключателя *3b2* в положение «Отопление переходное» его замкнувшиеся контакты в цепи *445* обеспечивают включение контактора *4c1* электродвигателя вагонного вентилятора. При этом замкнувшиеся контакты *4c*1 (308) подготавливают цепь включения катушки *3c4*.

Если температура в канале воздуховода ниже 18°С, то контактом ртутно-контактного термометра *3u10f3* разомкнута цепь питания катушки реле *4d9*. Реле *3d1* (300) будет выключено, а его контакт в цепи *409* будет замкнут, что обеспечивает включение контактора *3c4*, через замкнувшиеся контакты реле *1d1* (406) и контактора *4c1* (408). При срабатывании контактора *3c4* замыкаются три его последовательно соединенных контакта, включая электрокалорифер *3u1* (316) и сигнальную лампу *3h1* (311) «Электрокалорифер». Работа электрического калорифера приводит к повышению температуры в канале воздуховода. При температуре выше 18°С контакт ртутного термометра *3u10f3* (453) замыкается и включается реле *4d9*, которое замкнувшимся контактом в цепи *300* подготавливает цепь включения катушки реле *3d1* (300). При повышении температуры воздуха до 20°С замыкается контакт ртутного термометра *3u10f4* (302), обеспечивая включение реле *3d1*. Замкнувшимся контактом в цепи *300* реле *3d1* самоблокируется. Разомкнувшимся контактом *3d1* (308) разрывается цепь питания катушки контактора *3c4*, который отключает электрический калорифер *3u1* (316) и светодиод *3h1* (311).

Если температура в канале воздуховода снижается ниже 20°С, то размыкается контакт ртутного термометра *3u10f4* (302). Однако реле *3d1* (300) остается включенным, так как его катушка получает питание через собственный контакт *3d1* (300) и замкнутый контакт *4d9* (300), поэтому электрический калорифер останется выключенным. При снижении температуры воздуха в канале воздуховода ниже 18°С контакт ртутного термометра *3u10f3* (453) размыкается, что вызовет отключение реле *4d9* (453) и реле *3d1* (300) и цикл работы электрического калорифера повторяется.

9.3.5. Схема электрических цепей комбинированного отопления

На пассажирских вагонах типа К/к и вагонах ресторанах в качестве основной применяется система комбинированного высоковольтного отопления. Напряжение 3000 В постоянного или переменного тока частотой 50 Гц подается от высоковольтной поездной магистрали (*ВПМ*) через высоковольтные штепсельные разъемы *3b10 – 3b13* (341–343) на общую шину *ЭВ2* к трем высоковольтным предохранителям: *3e22* (344), *3e23* (346) на ток 10 А и *3e21* (342) на 3 А.

В котле *3u2* (344–346) смонтированы две группы высоковольтных нагревательных элементов суммарной мощностью 48 кВт. Каждая группа имеет две параллельные цепи по шесть последовательно соединенных нагревательных элементов мощностью 2 кВт на напряжение 500 В каждый. Включение нагревательных элементов осуществляется силовыми контактами высоковольтных контакторов *3c6* (344) и *3c7* (346).

Цепь контроля за наличием напряжения в поездной магистрали состоит из предохранителя *3e21* (342), размыкающегося контакта *3d6*, гасящего резистора *3r13* и однофазного мостового выпрямителя *3u16* (342), к выходу которого подключена катушка реле *3d5* (345) и конденсатор *3k1* (344). При наличии напряжения в высоковольтной магистрали срабатывает реле *3d5* и замкнувшимся контактом в цепи *338* подает напряжение 110 В с провода *КЦ66* на общий провод *РЭ15* для питания катушек контакторов, реле и сигнальных ламп цепей управления высоковольтным электроотоплением. При этом включается светодиод *3h3* (326) «3000 В». Для проверки исправности цепей управления при отсутствии напряжения 3000 В предусмотрена кнопка *3b16* (322, 326), при нажатии на которую срабатывают высоковольтные контакторы *3c6* (336), *3c7* (336) и замкнувшимися контактами в цепях *322, 324* включают светодиоды *3h4* «Группа I», *3h2* «Группа II».

Для обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала в цепях управления высоковольтными контакторами установлены нормально-замкнутые контакты концевых выключателей *3a1* (329 и 338) высоковольтного аппаратного ящика и концевого выключателя *3b4* (329) защитного кожуха котла. Для предотвращения повреждения нагревательных элементов котла

при пониженном уровне воды на котле смонтирован датчик уровня воды, контакты которого *3f3* (334) также включены в цепь управления высоковольтными контакторами. В этой же цепи имеются размыкающиеся контакты реле пожарной сигнализации *5d3*.

С целью предотвращения кипения воды в котле на выходе воды из котла установлен термодатчик *3f2* (331) на 95°С. При срабатывании термодатчика выключается реле *3d7* (331) и двумя своими разомкнувшимися контактами в цепи *334* выключит высоковольтные контакторы.

Режим работы отопления вагона задается с помощью переключателей *3b2* и *3b3*. Основным является автоматический режим работы отопления, так как он обеспечивает поддержание в вагоне комфортных условий для пассажиров при наиболее экономичном расходе электроэнергии. Автоматический режим работы отопления контролируется ртутным контактным термометром *3u11f2* (327) на 21°С, реле температуры воды *3f1* (328) котла на 90°С и контактным термометром *3u11f1* (329) на 8°С в цепи катушки промежуточного реле *3d4* (327). Вода из котла в водяной калорифер поступает через соленоидный электромагнитный вентиль *3s1* (302) под контролем ртутно-контактного термометра *3u10f3* (453) на 18°С в цепи промежуточного реле *4d9* (453) и ртутно-контактного термометра *3u10f4* на (301) 20°С.

Работа в режиме «Отопление основное»

Для автоматического регулирования режима работы отопления переключатель *3b2* необходимо установить в положение 3 «Отопление основное», а переключатель отопления *3b3* в положение 2 «Автоматика». При этом замыкаются контакты переключателя *3b2* в цепях *301*, *327* и 445. Замкнувшимся контактом *3b2* (445) включается контактор *4c1* (455) и электродвигатель вагонного вентилятора *4m3* начинает работать на низких оборотах. Контакты переключателя *3b3* замыкаются в цепях *303, 327, 337*. Тумблер *3a4* (338) должен находиться в положении «Нормальный режим», т.е. его контакты в цепи *338* должны быть разомкнуты.

При наличии напряжения в высоковольтной поездной магистрали реле *3d5* (345) включено и его замкнувшимся контактом в цепи *338* напряжение подается на провод *РЭ15* цепи управле-

ния и сигнализации. Через замкнутый контакт *3b6* (326) и резистор *3r3* включается светодиод *3h3* (326) «3000 В». Одновременно через контакты переключателя *3b3* (327), нормальнозамкнутые контакты *3a1* и *3b4* (329), а также контакты термостата *3f2* (331) на 95°С получает питание катушка реле *3d7* (331), при срабатывании которого замыкаются два его контакта в цепи *334*.

Если температура воздуха в вагоне будет ниже 21°С, то контакт ртутно-контактного термодатчика *3u11f2*, (327) на 21°С разомкнут и катушка реле *3d4* (327) обесточена. Через два нормально-замкнутых контакта *3d4* (334) получают питание катушки высоковольтных контакторов *3c6* (333) и *3c7* (336) по цепи: провод управления *РЭ15*, контакты выключателя *3b2* (327), нормально замкнутые контакты концевых выключателей *3a1* и *3b1* (329), замкнутые контакты реле уровня воды *3f3* (334), размыкающиеся контакты реле *3d4*, замкнувшиеся контакты реле *3d7*, размыкающиеся контакты реле *5d3*, контакты переключателя *3b3* (334), катушка контактора *3c6*, провод *МБО*. Одновременно через контакты переключателя *3b3* (337) получит питание катушка контактора *3c7* (336). При срабатывании контакторов *3c6* и *3c7* их замкнувшимися силовыми контактами (цепи *344* и *345*) включаются нагревательные элементы котла. Замкнувшимися блок-контактами *3c6* (322) и *3c7* (324) включаются светодиоды *3h4* «Группа I» и *3h2* «Группа II». Разомкнувшимися блок-контактами этих контакторов в цепях *332* и *335* снимается шунт с удерживающих катушек контакторов и они соединяются последовательно с включающими катушками.

При повышении температуры воздуха в вагоне до 21°С замыкается контакт термодатчика *3u11f2* (327), включая реле *3d4*. Разомкнувшимися контактами *3d4* (334) выключаются высоковольтные контакторы *3c6* и *3c7*. Обе группы нагревательных элементов котла выключаются, светодиоды *3h2* и *3h4* гаснут. При понижении температуры воздуха в вагоне ниже 21°С контакты термодатчика *3u11f2* размыкаются, реле *3d4* выключается и замкнувшимися контактами в цепи *334* обеспечивают повторное включение высоковольтных контакторов.

Если в результате нагрева температура воды в котле достигнет значения 90°С, то независимо от температуры воздуха в помещении вагона срабатывает реле температуры воды *3f1* (328). Через его замкнувшийся контакт получает питание катушка реле *3d4*, что обеспечивает отключение высоковольтных кон-

такторов. Повторное включение происходит при снижении температуры воды в котле на 5°С.

При работе комбинированного котла отопления горячая вода через соленоидный вентиль *3s1* (302) подается в водяной калорифер. Воздух, продуваемый вентилятором через водяной калорифер, нагревается, что обеспечивает ускорение повышения температуры в вагоне.

При повышении температуры воздуха в канале воздуховода до 18°С замыкается контакт ртутно-контактного термометра *3u10f3* (453), включая реле *4d9*. Замкнувшийся контакт *4d9* в цепи *300* подготавливает цепь питания катушки промежуточного реле *3d1*. При повышении температуры воздуха в канале воздуховода до 20°С замыкается контакт термодатчика *3u11f4* (301), включая реле *3d1* (300). Замкнувшимся контактом *3d1* (300) реле самоблокируется, а замкнувшимся контактом *3d1* (302) включает соленоидный вентиль *3s1* (302) и подача горячей воды в водяной калорифер прекращается. Когда температура воздуха в канале воздуховода станет ниже 18°С, контакт термодатчика *3u10f3* (453) размыкается, отключая реле *4d9*. Разомкнувшимся контактом *4d9* (300) выключается реле *3d1*, которое, в свою очередь, выключит соленоидный вентиль *3s1* и подача воды в водяной калорифер возобновляется.

При необходимости более быстрого нагрева вагона, например, после длительного отстоя в условиях низких температур наружного воздуха, предусмотрена принудительная циркуляция воды в системе отопления с помощью циркуляционного насоса. Электродвигатель *3m2* (314) циркуляционного насоса включается контактором *3c1* через автоматические выключатели *3e5* и *3e6* на 6 А. Защита от перегрузки электродвигателя осуществляется тепловым реле *3e18*. Напряжение на катушку контактора *3c1* (312) подается тумблером *3b1* (312) «Насос отопления» через размыкающийся контакт теплового реле *3e18*.

При температуре наружного воздуха ниже –40°С при помощи тумблера *3b5* (305). «Отопление 110 В» можно включить низковольтное электроотопление и электрический калорифер. Их включение происходит при движении вагона, как было описано выше.

На случай выхода из строя термодатчика *3u11f2* (327) на 21°С или реле температуры воды *3f1* (328) на 90°С предусмотрен ручной режим включения и отключения высоковольтного отопления

с помощью переключателя *3b3* в положении 3 — «Группа I», 4 — «Группа II» и 5 — «Группа I + II». В этих положениях контакты переключателя *3b3* (327) в цепи катушки реле *3d4* (327) разомкнуты. В третьем или четвертом положениях переключателя *3b3* замыкаются его контакты в цепи *334* или *337*, включая высоковольтные контакторы *3c6* (333) или *3c7* (336), которые включают соответствующие группы нагревательных элементов котла.

Светодиоды *3h4* (322) и *3h2* (324) сигнализируют о работе соответствующих групп нагревательных элементов. В пятом положении переключателя *3b3* включаются оба высоковольтных контактора и работают обе группы нагревательных элементов котла *3u12*.

Температура воздуха в вагоне определяется температурой воды в котле и температурой наружного воздуха. Расход электроэнергии на отопление вагона тем больше, чем ниже температура наружного воздуха и наоборот — снижается при его повышении. Для обеспечения заданной температуры в вагоне при наименьшем расходе электроэнергии необходимо поддерживать температуру воды в котле в зависимости от температуры наружного воздуха, как указано ниже:

Температура наружного воздуха, °C	+5	0	–5	–10	15	–20	30	40
Температура воды в котле, °C	40	50	60	70	80	90	90	90

При выходе из строя защитного реле температуры воды *3f2* (331) на 95°C или реле уровня воды *3f3* (334) предусмотрен аварийный режим включения котла. Для этого внутри распределительного щита (со стороны служебного отделения) красную планку *3a2* (335) необходимо переставить из положения «Нормальный режим» в положение «Аварийный режим». Переключить оборудование на аварийный режим может только поездной электромеханик или начальник поезда, так как при этом шунтируются контакты приборов, обеспечивающих безопасную работу котла.

Необходимо установить постоянный контроль за уровнем и температурой воды в котле. Работа электрического отопления регулируется путем рамного включения и выключения высоковольтных нагревательных элементов котла с помощью переключателя *3b3*.

Отопление в отстое

Во время нахождения состава на станции формирования и оборота в вагонах должна поддерживаться температура, исключающая возможность замерзания воды в системе отопления.

С этой целью предусмотрено положение 4 «Дежурное отопление» переключателя *3b2*. Температура в вагоне регулируется ртутным контактом термодатчиком *3u11f1* (329), замыкающим свой контакт при температуре свыше 8°С. Если температура в вагоне ниже 8°С, то контактом *3u11f1* отключается реле *3d4* и замкнувшимися контактами в цепи *334* включаются высоковольтные контакторы *3c6* и *3c7*. При температуре выше 8°С контакты термодатчика *3u11f1* замыкаются, включая реле *3d4*. Его замыкающимися контактами прерывается питание катушек высоковольтных контакторов *3c6* и *3c7*. В отличие от режима основного отопления переключателем *3b3* по выбору можно включить одну отдельную группу или обе группы нагревательных элементов. В режиме дежурного отопления отключена приточная вентиляция вагона, водяной калорифер и низковольтное электроотопление.

Отопление на твердом топливе

На неэлектрифицированных участках система отопления работает на твердом топливе. Главный режимный переключатель *3b2* должен быть установлен в положение 3 «Отопление основное». При этом через замкнувшийся контакт *3b2* (445) обеспечивается включение контактора *4c1* электродвигателя вагонного вентилятора, который будет работать на низкой частоте вращения. Переключатель отопления *3b3* должен находиться в положении 1 «Выключено» или в положении 2 «Автоматика». Через замкнутые контакты переключателей *3b2* (301) и *3b3* (302) создается цепь для питания катушки соленоидного вентиля *3s1* (302), который автоматически регулирует подачу горячей воды в водяной калорифер. Управление работой соленоидного вентиля осуществляется термодатчиками *3u10f3* (453) на 18°С и *3u10f4* (301) на 20°С. При необходимости тумблером *3b5* (305) можно включить низковольтное электроотопление, которое будет работать при движении вагона. Для более быстрого нагрева помещений вагона при температуре воды не менее 50°С тумблером *3b1* (312) включается электродвигатель *3m2* (314) циркуляционного насоса отопления.

Если главный режимный переключатель *3b2* находится в по-

ложении 1 «Выключено», то электродвигатель вентилятора вагона *4m3* включается автоматически при движении вагона при температуре воздуха в канале воздуховода выше 18°С. При этом горячая вода подается в калорифер постоянно, а низковольтное электрооборудование не работает. Автоматическое регулирование температуры в вагоне при отоплении на твердом топливе не производится.

9.3.6. Схема силовых цепей электродвигателей установки кондиционирования воздуха

Холодильная установка МАВ-II имеет три ступени регулирования холодопроизводительности. Основным регулирующим органом в системе охлаждения является компрессор, который может работать с тремя ступенями холодопроизводительности, отличающихся не только числом работающих цилиндров, но и частотой вращения вала компрессора. При пуске компрессора в нем всегда отключены три цилиндра, что облегчает пусковой режим работы электродвигателя *4m1* (438) компрессора. Для привода компрессора холодильной установки МАВ-II применяется электродвигатель постоянного тока смешанного возбуждения мощностью 13 кВт. Для смягчения ударных электромеханических нагрузок, возникающих при пуске электродвигателя на устройства электроснабжения вагона, его пуск осуществляется путем ступенчатого отключения резисторов, включенных в цепь обмотки якоря. Электродвигатель имеет две рабочие ступени, отличающиеся частотой вращения.

Предохранители *4e1* (438) и *4e2* на 125 А обеспечивают защиту силовых цепей электродвигателя компрессора от токов короткого замыкания, а тепловое реле *4e11* от токов перегрузки.

Для включения электродвигателя компрессора *4m1* и электродвигателя вентилятора конденсатора *4m2* (442) используется один двухполюсной контактор *4u4c1*.

Контакторами *4u4c2* и *4u4c3* (437) шунтируются пусковые резисторы *4u4r1* и *4u4r2* сопротивлением 0,23 Ом каждый в цепи обмотки якоря двигателя компрессора. Контактор *4u4c5* (440) предназначен для переключения электродвигателя с низкой на высокую частоту вращения.

На первой пусковой ступени электродвигателя компрессора включается контактор *4u4c1* (438). В цепи обмотки якоря включены пусковые резисторы *4u4r1* и *4u4r2*, а резистор *4u4r3*(*439*) в

цепи шунтовой обмотки замкнут накоротко размыкающимся контактом контактора *4и4с5* (440), который находится в отключенном состоянии. При этом обеспечивается ограничение тока в цепи якорной обмотки и протекание большого тока в цепи шунтовой обмотки, которая подключена непосредственно к питающему напряжению сети — провода *Г5* и *МБ1*.

На второй пусковой ступени включается контактор *4и4с2*, которым замкнувшимся контактом в цепи *437* шунтируется пусковой резистор *4и4r1*, что обеспечивает увеличение напряжения на якоре и соответственно увеличение частоты вращения.

На третьей пусковой ступени (она же является первой рабочей ступенью) включается контактор *4и4с3* и замкнувшимся контактом в цепи *437* шунтируется второй пусковой резистор *4и4r2*. Напряжение на обмотке якоря становится равным напряжению сети и частота вращения якоря увеличивается до 1290 об/мин. На этом процесс пуска электродвигателя заканчивается. Компрессор работает с частотой вращения, соответствующей первой рабочей ступени охлаждения.

На второй ступени охлаждения частота вращения электродвигателя не увеличивается. На третьей ступени охлаждения двигатель компрессора переключается на повышенную частоту вращения 1600 об/мин. При включении контактора *4и4с5* его размыкающийся контакт в цепи *440* обеспечивает включение в цепь шунтовой обмотки резистора *4и4r3* (439), в результате чего уменьшается ток возбуждения двигателя и увеличивается частота его вращения.

Электродвигатель вентилятора конденсатора *4т2* (442) подключен к проводам *Г5* и *ДБ1* через предохранители *4е3* и *4е4* (442) на 25 А, защищающие его цепь от токов короткого замыкания. Тепловое реле *4е12* защищает цепь двигателя от перегрузки. Замыкание и размыкание цепи производится, как отмечалось выше, одним из силовых контактов контактора *4и4с1*. Два резистора *4и4r4 и 4и4r5* (442) в цепи обмотки якоря и резистор *4и4r6* (443) в цепи шунтовой обмотки возбуждения обеспечивают три ступени частоты вращения вентилятора конденсатора, соответствующие трем ступеням охлаждения.

На первой ступени включен контактор *4и4с1*. В цепь обмотки якоря включены резисторы *4и4r4* и *4и4r5*, а резистор *4и4r6* в цепи шунтовой обмотки замкнут накоротко размыкающимся контактом *4и4с5* (444). Наличие резисторов в цепи якорной обмотки снижает напряжение и ограничивает ток двигателя, поэтому на

первой ступени охлаждения вентилятор конденсатора работает с низкой частотой вращения (650 об/мин).

На второй ступени охлаждения включается контактор *4и4с4* и замкнувшимся контактом в цепи *441* шунтируется резистор *4и4r4*. Это вызовет повышение напряжения на обмотке якоря и увеличение частоты вращения двигателя до 1050 об/мин.

На третьей ступени охлаждения включается контактор *4и4с5*. При этом замкнувшимся контактом в цепи *441* шунтируется второй пусковой резистор *4и4r5* и ток якорной обмотки увеличивается. Одновременно разомкнувшимся контактом контактора *4и5с5* в цепи 444 в цепь шунтовой обмотки двигателя вводится резистор *4и4r6* (443) ослабления магнитного потока электродвигателя. При этом частота вращения двигателя вентилятора конденсатора увеличивается до максимальной — 1730 об/мин.

Таким образом, резисторы, установленные в цепях обмотки якоря и шунтовых обмоток возбуждения электродвигателей компрессора и вентилятора конденсатора, позволяют регулировать частоту вращения этих электродвигателей.

9.3.7. Схема цепей управления установкой кондиционирования воздуха МАВ-II

Холодильная установка имеет три ступени охлаждения I, II и III, отличающиеся холодопроизводительностью.

На I ступени компрессор работает на одном цилиндре, включена одна секция воздухоохладителя, а электродвигатели компрессора и вентилятора конденсатора работают на низкой частоте вращения.

На II ступени компрессор работает на двух цилиндрах, включена одна секция воздухоохладителя, двигатель компрессора работает на низкой частоте вращения, а вентилятора конденсатора — на средней.

На III ступени компрессор работает на четырех цилиндрах, включены две секции воздухоохладителя, а двигатели компрессора и вентилятора конденсатора работают на высокой частоте вращения.

Холодопроизводительность установки равна соответственно 25%, 50% и 100%.

Система автоматического управления и регулирования установки охлаждения воздуха предназначена для автоматического переключения ступеней охлаждения в зависимости от фактичес-

ких температурных условий в вагоне с целью обеспечения заданных температурных условий.

Режим охлаждения задается переключателем *3b2* при установке его в пятое положение «Охлаждение», а режим работы холодильной установки — переключателем *4b2*, который имеет следующие положения: *1/3* — ручное управление на первой ступени охлаждения, *2/3* — ручное управление на второй ступени охлаждения, *3/3* — ручное управление на третьей ступени охлаждения, *4, 5* и *6* положения переключателя соответствуют режиму автоматического управления. При автоматическом управлении в схему цепей управления вводится соответствующая группа ртутно-контактных датчиков температуры, установленных в перегородке между IV и V купе вагона, под контролем которых будет происходить процесс автоматического регулирования.

В положении 4 переключателя *4b2* будут замкнуты его контакты в цепях *405, 407, 410* и к цепи управления будут подключены датчики температуры: *4u1f1* (405) на 22°С к проводу *КУ52*, *4u1f2* (407) на 23°С к проводу *КУ38*, *4u1f3* (410) на 24°С к проводу *КУ46*. При этом в вагоне будет поддерживаться температура в диапазоне 24–22°С.

В положении 5 подключены термодатчики *4u1f2*, *4u1f3* и *4u1f1* (415) на 25°С, обеспечивая поддержание температуры в диапазоне 25°С. В положении 6 подключены термодатчики *4u1f3*, *4u2f1* и *4u2f2* на 26°С, обеспечивая поддержание температуры в вагоне в диапазоне 26–24°С.

При соответствующих условиях с провода *КУ52* получает питание реле первой ступени охлаждения *4d1* (404), с провода *КУ38* — реле второй ступени охлаждения *4d2* (408), а с провода *КУ46* — реле третьей ступени *4d3* (410).

Схема цепей управления обеспечивает трехступенчатый пуск электродвигателя компрессора *4m1* с интервалом в 4 с. Для этого в схеме цепей управления имеется три реле времени *4u4d1* (414), *4u4d2* (415), *4u4d3* (416), которые включаются при подаче напряжения на провод *КУ5*.

Напряжение на провод управления *КУ5* подается с провода *КЦ1* через замкнутые контакты контактора *1c2* в цепи 400 (контактор защиты от пониженного напряжения на 101 В), замкнутые контакты контактора *4c1* в цепи 400 (контактор электродвигателя *4m3* вентилятора вагона) и замкнутые контакты переключателя *3b2* (401), установленного в положении 5 «Охлаждение».

Реле времени обеспечивают выдержку времени в 4 с при размыкании цепи питания катушек. После включения реле *4d1*, его разомкнувшийся контакт в цепи *414* разрывает цепь питания катушки реле времени *4u4d1* и через 4 с замкнувшимся контактом в цепи *426* включается контактор *4u4c1* первой ступени охлаждения холодильной установки. Разомкнувшимся контактом *4u4c1* в цепи *415* обесточивается катушка реле времени *4u4d2*, и через 4 с замкнувшийся контакт *4u4d2* в цепи *428* включает контактор *4u4c2* второй пусковой ступени электродвигателя компрессора. Аналогично через 4 с контактом реле времени *4u4d3* (403) включается контактор *4u4c3* третьей пусковой ступени.

Холодильная установка будет работать, если включится реле *4d1* (404). Включение реле *4d1* возможно, если: температура воздуха в канале воздуховода выше +12°С и контакты термодатчика *3u10f1* (402) замкнуты, контакты прессостата *4e14* в цепи *402* (защита компрессора от повышенного давления на стороне нагнетания и пониженного давления на стороне всасывания) должны находиться в положении 1–3, замкнутыми также должны быть контакты реле времени *4u4d1 – 4u4d3* (401), тепловых реле *4e11* и *4e12* (403) защиты электродвигателей компрессора и вентилятора конденсатора.

После включения реле *4d1* оно самоблокируется своим контактом в цепи *402* и его дальнейшая работа не зависит от состояния реле времени.

В режиме автоматического управления включение реле *4d1* возможно также при условии, что температура воздуха в вагоне будет выше нижнего заданного значения.

Включение реле *4d3*, т.е. работа установки на третьей ступени охлаждения в режиме автоматического управления, возможно только при условии: температура в канале воздуховода выше +14°С и контакты термодатчика *3u10f2* (410) замкнуты, температура в вагоне выше верхнего заданного значения, контакты реле контроля напряжения генератора *1d1* (410) замкнуты.

Работа схемы цепей управления холодильной установки в режиме автоматического управления

Рассмотрим работу схемы цепей управления холодильной установки в режиме автоматического управления в позиции 4

переключателя *4b2*, при котором в вагоне обеспечивается поддержание температуры в диапазоне 24–22°С.

Для включения холодильной установки переключатель режима работы *3b2* необходимо установить в положение 5 «Охлаждение».

При этом замыкаются контакты переключателя *3b2* в цепи *445*, обеспечивая включение контактора *4c1* (445) по цепи: плюсовой провод *Г66*, предохранитель *4e7* (450), провод *ВН1*, замкнутые контакты переключателя *3b2* (445), провод *КУ31*, замкнутые контакты контактора *1c2* (445) (защита от чрезмерного разряда аккумуляторной батареи), провод *КУ1*, замкнутые контакты теплового реле *4e13*, провод *КУ2*, замкнутые контакты *4c1* (446), провод *КУ57*, катушка *4c1*, провод *МБ72*, предохранитель *4e8* (450), минусовой провод *МБ2*.

При включении контактора *4c1*:

- тремя замкнувшимися силовыми контактами *4c1* (448) включается на низкие обороты (940 об/мин) электродвигатель вагонного вентилятора *4m3*, разомкнувшимся контактом в цепи *446* последовательно с катушкой *4c1* включается резистор *4c1r1* (445);
- одновременно с включением контактора *4c1* включается светодиод *4h2* (400) «Вентилятор»;
- замкнувшимся контактом в цепи *400* через контакты переключателя *3b2* (402) с плюсового провода *КЦ1* напряжение подается в провод цепи управления холодильной установки *КУ5*, что вызовет включение реле времени *4u4d1 – 4u4d3* (414÷416). Замкнувшиеся контакты реле времени в цепи *401* подготавливают цепь включения реле *4c11*. Одновременно контакты реле времени в цепях *426, 428* и *430* размыкаются.

Если температура в вагоне будет выше нижнего заданного значения +22°С, то контакты термодатчика *4u1f1* (405) будут замкнуты и напряжение с провода *КУ5* будет подано на провод *КУ52*, а с него на катушку реле *4d1* (404) по цепи: провод *КУ52*, замкнутые контакты термодатчика *3u10f1* (402), провод *КУ43*, замкнутые контакты 1–3 прессостата *4e14*, провод *КУ39*, замкнутые контакты *4u4d1*, провод *КУ29*, замкнутые контакты *4u4d2*, провод *КУ30*, замкнутые контакты *4u4d3*, провод *КУ28*, контакты теплового реле *4e11* защиты электродвигателя компрессора от перегрузки, провод *КУ41*, контакты теплового реле *4e12* за-

щиты электродвигателя вентилятора конденсатора, провод *КУ76*, контакты реле *4d10*, провод *КУ75*, контакты реле *4d1*, провод *КУ53*, катушка реле *4d1*, минусовой провод *МБ0*.

При включении реле *4d1* в схеме происходят следующие изменения:

- замкнувшимся контактом в цепи *402* реле самоблокируется, шунтируя контакты реле времени;
- разомкнувшимся контактом в цепи *405* последовательно с катушкой реле *4d1* включается резистор *4d1r1*;
- замкнувшимся контактом в цепи *418* обеспечивается включение электромагнитного вентиля *4S1* (418) подачи хладона в первую секцию воздухоохладителя и соленоидных вентилей *4S3* (422) и *4S4* (424) отключения 2–4 цилиндров компрессора;
- разомкнувшимся контактом в цепи *414* отключается катушка реле времени *4u4d1*.

Через 4 с после снятия напряжения с катушки реле времени *4u4d1* оно выключается и замкнувшимся контактом в цепи *426* подает напряжение на катушку контактора *4u4c1* при срабатывании которого замкнувшимися силовыми контактами в цепях *438* и *442* включаются электродвигатели *4m1* привода компрессора и *4m2* вентилятора конденсатора. При переключении блокировочных контактов контактора *4u4c1* в схеме происходят следующие изменения:

- разомкнувшимся контактом в цепи *427* последовательно с катушкой *4u4c1* включается резистор *4u4c1r1* (426);
- замкнувшимся контактом в цепи *428* подготавливается цепь включения контактора *4u4c2*;
- разомкнувшимся контактом в *451* цепи выключается подогреватель *4u5* масляной ванны картера компрессора и светодиод *4h4* (452) «Подогрев масла»;
- разомкнувшимся контактом в *415* цепи отключается катушка реле *4u4d2*.

Через 4с отключается реле времени *4u4d2* и замкнувшимся контактом в *428* цепи включает контактор *4u4c2*, при срабатывании которого:

- замкнувшимся контактом в цепи *437* шунтируется резистор *4u4r1*, что вызовет увеличение тока якорной обмотки электродвигателя *4m1* и повышение частоты вращения его якоря;

- разомкнувшимся контактом в цепи *429* последовательно с катушкой контактора включается резистор *4u4c2r1* (428);
- замкнувшимся контактом в цепи *430* подготавливается цепь включения контактора *4u4c3*;
- замкнувшимся контактом в цепи *408* подготавливается цепь включения реле *4d2*;
- разомкнувшимся контактом в цепи *416* отключается катушка реле времени *4u4d3*.

Через 4 с реле времени *4u4d3* выключается и замкнувшимся контактом в цепи *430* включает контактор *4u4c3*, что вызовет следующие изменения в схеме:

- замкнувшимися силовыми контактами в цепи *437* шунтируется второй пусковой резистор *4u4r2* (438) в цепи якорной обмотки электродвигателя компрессора *4m1* и двигатель переключается на низкие обороты;
- разомкнувшиеся контакты в цепи *431* обеспечивают включение последовательно с катушкой контактора *4u4c3* резистора *4u4c3r2* (430);
- замкнувшимся контактом в цепи *410* подготавливается цепь включения реле *4d3*;
- замкнувшимся контактом в цепи *436* включается светодиод *4h3* «Компрессор»;
- замкнувшимся контактом в цепи *412* включается контактор *4c2* (412).

При срабатывании контактора *4c2* замыкается его силовой контакт в цепи *447*, шунтируя пусковой резистор *1u4r5* (438) в цепи обмотки якоря электродвигателя *4m3*. Одновременно разомкнувшимся контактом в цепи *450* последовательно с шунтовой обмоткой электродвигателя *4m3* включается резистор *1u4r6* (449), что вызовет уменьшение магнитного потока электродвигателя. Увеличение тока якорной обмотки электродвигателя *4m3* и ослабление его магнитного поля приводит к переключению электродвигателя вагонного вентилятора на высокую частоту вращения. Замкнувшимся контактом в цепи *413* контактор самоблокируется, а разомкнувшимся контактом в этой же цепи последовательно с катушкой контактора *4c2* включается резистор *4c2r1* (412). На этом процесс пуска УКВ заканчивается, и установка начинает работать на первой ступени охлаждения.

Работа электрической схемы при переключении с первой на вторую ступень охлаждения

Переключение установки с первой на вторую ступень охлаждения возможно при выполнении двух условий:

— температура воздуха в вагоне должна быть выше среднего заданного значения, т.е. выше +23°С;

— включение возможно при движении поезда, когда контакты реле движения *1d3* (408) замкнуты. При хорошем состоянии аккумуляторной батареи допускается шунтирование контактов реле *1d3* в цепи *408* путем установки перемычки.

Если после срабатывания контактора *4u4c2* и замыкания его контактов в цепи *408* температура в вагоне будет выше +23°С, то замыкаются контакты термодатчика *4u1f2* (407), включая реле второй степени охлаждения *4d2* (408). Размыкание контактов реле *4d2* в цепи *422* вызовет отключение соленоидного вентиля *4S3* (422), что обеспечивает включение в работу второго цилиндра компрессора. Одновременно замкнувшимся контактом в цепи *432* включается контактор *4u4c4* (432). При включении контактора *4u4c4*:

— замкнувшимися силовыми контактами (цепь 441) шунтируется резистор *4u4r4* (442) в цепи якорной обмотки электродвигателя *4m2* вентилятора конденсатора, что вызовет переключение электродвигателя на среднюю частоту вращения;

— замкнувшимся контактом в цепи *410* подготавливается цепь включения реле третьей ступени охлаждения *4d3*;

— при замыкании контакта в цепи *433* последовательно с катушкой *4u4c4* включается резистор *4u4c4r3* (432).

Работа электрической схемы при переключении со второй на третью ступень охлаждения

Переключение установки со второй на третью ступень охлаждения возможно при выполнении следующих условий:

— температура воздуха в вагоне должна быть выше верхнего заданного значения, т.е. выше +24°С;

— в канале воздуховода температура воздуха должна быть выше +14°С и контакты термодатчика *3u10f2* (410) должны быть замкнуты;

— включение на третью ступень охлаждения возможно только при движении вагона, когда контакты реле движения *1d1* в цепи *410* будут замкнуты.

При замыкании контактов контактора *4u4c4* в цепи *410* и выполнении указанных выше условий получит питание катушка реле *4d3* (410). При срабатывании реле *4d3* размыкаются его контакты в цепях *411*, *424* и замыкаются в цепях *420* и *434*.

Размыкание контактов в цепи *411* обеспечивает включение последовательно с катушкой реле *4d3* резистора *4d3r1* (410). Разомкнувшимся контактом в цепи *424* выключается соленоидный вентиль *4S4* (424), что обеспечивает включение в работу 3 и 4 цилиндров компрессора.

Замыкание контактов реле *4d3* (420) обеспечивает включение соленоидного вентиля *4S2* (420) второй секции воздухоохладителя. При замыкании контактов реле *4d3* в цепи *434* получит питание катушка контактора *4u4c5* и в схеме происходят следующие изменения:

— замкнувшимися контактами в цепи *414* шунтируется резистор *4u4r5* (442) в цепи якорной обмотки электродвигателя *4m2*;
— размыкание контактов в цепи *444* обеспечивает включение в цепь шунтовой обмотки электродвигателя вентилятора конденсатора *4m2* резистора *4u4r6* (443). Увеличение тока якорной обмотки электродвигателя *4m2* и уменьшение его магнитного потока приводит к переключению его на высокую частоту вращения;
— разомкнувшимся контактом в цепи *440* обеспечивается включение в цепь шунтовой обмотки возбуждения резистора *4u4r3* (439) и электродвигатель *4m1* компрессора также переключается на высокую частоту вращения. Установка начинает работать на III ступени охлаждения.

Выключение установки в режиме автоматического регулирования происходит в обратной последовательности.

Работа УКВ при ручном управлении

Основным режимом работы УКВ является режим автоматического управления. Только при отказе системы термоавтоматики допускается переход на ручное управление. Для этого специальным ключом нужно замкнуть контакт выключателя *4b1*

(402), через который подается питание на контакты переключателя *4b2* (402–404).

Если при автоматическом управлении регулирование ступени охлаждения меняются автоматически в зависимости от температурных условий в вагоне и от заданных условий, определяемых положением переключателя *4b2*, то при ручном управлении можно включить холодильную установку на любую из трех ступеней охлаждения независимо от температуры воздуха в вагоне путем постановки переключателя *4b2* в первое, второе или третье положение. В соответствии со схемой управления в первом положении переключателя контактом *4b2* (402) напряжение подается на провод *КУ52,* от которого получает питание реле первой ступени охлаждения *4d1* (404). После включения реле *4d1* начинается процесс включения установки в такой же последовательности, как и при автоматическом управлении. Во втором положении будут замкнуты контакты переключателя *4b2* в цепях *402* и *403* и напряжение будет подано на провод *КУ38,* от которого получает питание реле *4d2* (408) второй ступени охлаждения, а в третьем положении контактом *4b2* (404) напряжение подается на провод *КУ46,* от которого получает питание реле третьей ступени охлаждения *4d3* (410).

Из схемы питания реле *4d1*, *4d2* и *4d3* видно, что их включение, а значит, и соответствующие ступени охлаждения, ограничено теми же условиями, которые действуют и при автоматическом регулировании. Ступень I охлаждения не может быть включена, если температура воздуха в канале воздуховода ниже 12°С (контакты термодатчика *3u10f1* разомкнуты). Ступень II не может быть включена, если не закончен пуск компрессора (контакт *4u4c2* в цепи *408* разомкнут) и если электроснабжение осуществляется от аккумуляторной батареи (контакт *1d3* в цепи 408 разомкнут). Ступень III не может быть включена, если температура воздуха в канале воздуховода ниже 14°С (контакт термодатчика *3u10f2* в цепи 410 разомкнут), если электроснабжение осуществляется от аккумуляторной батареи (разомкнут контакт *1d1*) или не закончен пуск компрессора (разомкнут контакт *4u4c3*) или не включена II ступень охлаждения (разомкнут контакт *4u4c4*). Процесс включения при ручном управлении происходит в такой же последовательности, как и при автоматическом управлении.

Если температура воздуха в канале воздуховода становится ниже 14°С, разомкнувшимся контактом термодатчика *3u10f2* (410)

разрывается цепь питания катушки реле *4d3* и установка переключается на II ступень охлаждения. При дальнейшем снижении температуры воздуха в канале воздуховода (ниже 12°С) контактом термостата *3u10f1* (402) разрывается цепь питания катушки реле *4d1*, и холодильная установка выключается. При переходе на питание от аккумуляторной батареи контактом *1d1* (410) выключается реле *4d3* и установка переключается на II ступень охлаждения. Если в цепь *408* не установлена перемычка, то размыкается также контакт *1d3* (408) и разрывает цепь питания катушки реле *4d2*, что вызовет переключение установки на I ступень охлаждения.

При снижении напряжения аккумуляторной батареи ниже 101 В срабатывает защита от чрезмерного разряда и контактор *1c2* (157) отключается. Разомкнувшимся контактом *1c2* (400) цепь управления установкой кондиционирования воздуха (провод *КУ5*) разрывается и она включается.

Выключение установки происходит также при срабатывании теплового реле *4e11* защиты электродвигателя компрессора, теплового реле *4e12* защиты электродвигателя вентилятора конденсатора или при срабатывании прессостата *4e13*.

В любом случае разрывается цепь питания катушки реле *4d1*, обеспечивая выключение установки. При срабатывании прессостата *4e13* замыкаются его контакты 1–2, подавая напряжение на катушку реле *4d10* (406). Замкнувшимся контактом *4d10* (406) реле самоблокируется, а разомкнувшимся контактом в цепи *404* разрывается цепь питания реле *4d1*. Повторное включение установки возможно только после устранения причины срабатывания защиты путем разблокирования реле *4d10* кнопкой *4b4* (406).

Для подогрева масла в системе смазки неработающего компрессора на днище картера установлен электронагреватель *4u5* (451). Примерно за 5 ч до пуска компрессора (после длительного перерыва в его работе) следует включить электроподогреватель с помощью выключателя *4a1* (451). Электроподогреватель обеспечивает подогрев масла до температуры 20–30°С. После включения холодильной установки разомкнувшимся контактом *4u4c1* (451) электроподогреватель автоматически выключается.

9.3.8. Схемы сигнализации

Схема системы контроля нагрева букс (СКНБ) получает питание от диодного ограничителя напряжения сети *2u1* (200–202)

и защищена автоматическими выключателями *5e15*, *5e16* (507) на ток 6 А. Основой схемы является реле *5d5* (508), контролирующее целостность цепи последовательно соединенных датчиков *5e18* (511–512) одной тележки и *5e19* второй тележки. Подключение датчиков к схеме осуществляется с помощью штепсельных разъемов *5b2 – 5b4* и *5b13 – 5b15* (510). При исправном состоянии цепи датчиков реле *5d5* включено, получая питание по цепи: провод *O1*, автоматический выключатель *5e15* (507), замкнутые контакты кнопки *5b11* (509) «Контроль нагрева букс», разъем *5b12*, четыре последовательно соединенных датчика *5e18*, разъемы *5b14*, *5b13*, четыре последовательно соединенных датчика *5e19*, разъем *5b15*, замкнутые контакты *5d5* (509), катушка реле *5d5* (508), автоматический выключатель *5e16* (507), минусовой провод *M0*. При расплавлении вставки какого-либо датчика, а также при любом механическом нарушении контакта в этой цепи реле *5d5* обесточивается. Замкнувшимся контактом в цепи *505* включается звонок *5h12*, а замкнувшимся контактом в цепи *506* включается светодиод *5h11* «Температура букс». После принятия мер к остановке поезда и осмотра буксовых узлов звонок можно отключить автоматическими выключателями *5e13* и *5e14*.

Недостатком этой системы является появление ложных сигналов в пути следования. Такие сигналы чаще всего появляются из-за механических нарушений целостности цепи в самих датчиках (между плавкой вставкой и проводами датчика), в штепсельных разъемах и при обрыве проводов.

Проверка СКНБ производится кнопкой *5b11* (509) «Контроль нагрева букс». При нажатии на кнопку происходит размыкание ее контактов, и реле *5d5* выключается. Замкнувшимися контактами реле включает звонок *5h12* и светодиод *5h11*.

Для вызова проводника к входным дверям вагона предусмотрена вызывная сигнализация. Ее цепи получают питание от проводов *O1* и *M0* через автоматические выключатели *5e13*, *5e14* (503) на 6 А. С внешней стороны у дверей обоих торцов вагона установлены кнопки *5b7* (501) «Котловая сторона» и *5b8* (503) «Некотловая сторона». При нажатии на какую-либо кнопку, например *5b7*, замыкается цепь питания светодиода *5h6* (501), указывающего, что вызов происходит с котловой стороны вагона, и одновременно включается звонок *5h10* (502), получая питание через диод *5n1* (502). Установка диодов *5n1* и *5n2* позволяет использовать один звонок при вызове проводника двумя кнопками.

Схема цепей контроля изоляции проводов

Схема контроля состояния изоляции проводов состоит из светодиодов *1h6* и *1h7* (157), резисторов *1r7* и *1r8*, выключателей *1a1* и *1a2*, включенных между проводами *КЦ10* и *МБ0*. Общая точка светодиодов соединяется с корпусом вагона.

Если провода изолированы от корпуса вагона, то оба светодиода светятся с одинаковой яркостью, так как через них протекает одинаковый по величине ток.

В случае нарушения изоляции в какой-либо точке двухпроводной системы, например в цепи минусового провода, режим работы сигнализации изменяется. Параллельно светодиоду *1h7* при этом будет включено переходное сопротивление $R_{пер}$. Поэтому ток, протекающий через светодиод *1h7*, будет меньше тока, протекающего через светодиод *1h6*, на величину тока утечки. Светодиод *1h7* будет гореть менее ярко, чем светодиод *1h6*. Причем по мере ухудшения сопротивления изоляции яркость свечения светодиода *1h7* будет уменьшаться, а *1h6* увеличиваться. При полном пробое изоляции на корпус вагона проводов с отрицательным потенциалом ($R_{пер}$) светодиод *1h6* будет светиться полным накалом. Следовательно, более яркое свечение светодиода *1h6* сигнализирует о замыкании на корпус отрицательных проводов, а светодиода *1h7* — положительных проводов.

Пожарная сигнализация

Пожарная сигнализация служит для раннего автоматического обнаружения признаков пожара. Система пожарной сигнализации (СПС) состоит из блока управления *5u10* (536–538) и пожарных извещателей *5u11 – 5u23* (539–542), подключенных к блоку. К блоку можно подключить 20 извещателей (датчиков). На вагонах типа к/к установлено 13 датчиков, вместо остальных подключены нагрузочные резисторы *5r19 – 5r25* (540–542) сопротивлением 6,8 кОм. Исполнительным элементом СПС является реле *5d3* (539). На вагонах к/к датчики пожарной сигнализации установлены в купе проводников, купе пассажиров, служебном купе, в пульте управления и в котельном отделении. При срабатывании установки пожарной сигнализации включаются прерывистые звуковой и световой сигналы. Одновременно срабатывает реле *5d3* (539) и разомкнувшимся контактом в цепи *334* отключает высоковольтные контакторы *3c6* (333) и *3c7* (336),

которые отключают высоковольтные нагревательные элементы котла.

9.4. Электрические схемы вагонов-ресторанов типа СК/к

Система электроснабжения вагонов-ресторанов аналогична системе электроснабжения вагонов К/к. I

Потребители электроэнергии вагона-ресторана отличаются от потребителей купейного вагона только наличием технологического оборудования кухни: подогревателей воды для мойки посуды, электрических кофеварок, оборудованием для работы топливной горелки плиты, вентиляторов в кухне и трех холодильников для хранения продуктов.

Схемы электрических цепей купейного вагона и вагона-ресторана имеют различия в выполнении электрических соединений ряда узлов и в обозначениях аппаратов. Некоторые аппараты, одинаковые, по конструкции и по схеме соединений, имеют различные индексы на электрических схемах.

9.4.1. Схемы цепей технологического оборудования вагона-ресторана

Особую группу потребителей составляют технологическое оборудование кухни и вспомогательные устройства:

кофеварка типа «тандем», электроподогреватель воды для мытья посуды, настенные вентиляторы кухни и посудомоечной, вентиляторы для воздушной завесы у кухонной плиты, потолочный вентилятор кухни, три холодильных агрегата. К этой группе потребителей относятся также топливный насос для подачи жидкого топлива, вентилятор топливной горелки, магнитные клапаны для регулирования пламени топливной горелки. Для привода вентиляторов, компрессоров холодильных агрегатов и масляного насоса используются электродвигатели постоянного тока.

Цепи управления всеми указанными потребителями получают питание по проводам *КЦ1* и *МБ0*. В случае срабатывания реле пониженного напряжения аккумуляторной батареи они отключаются контактором *1с1*, что приводит к отключению по-

догревателя воды, кофеварки, двигателей вентиляторов и розеток.

Для избежания чрезмерного разряда аккумуляторной батареи при неработающем генераторе отключаются две кофеварки, подогреватель воды и один холодильный агрегат.

Кофеварка (рис. 9.6). В вагоне-ресторане СК/к установлена двойная кофеварка, обозначенная *5u1* (512 и 515). Силовая цепь одного комплекта электронагревательных элементов *r1* (512) кофеварки и *r3* (513) подогревателя кофе подключена к проводам *Г6* и *МБ2* и защищена от перегрузки и токов короткого замыкания двумя автоматическими выключателями *5e1* и *5e2* на 15 А. Цепь элементов *r1* замыкается и размыкается тремя силовыми контактами одного контактора *5c1*.

Цепь катушки контактора *5c1* замыкается контактом реле *5d3* (507). Последнее срабатывает после включения пакетного выключателя *5b1* (502) при условиях, если работает генератор и замкнут контакт *1d3* (502) и если кофеварка наполнена водой. Уровень воды контролируется поплавковым реле, контакт которого *f1* находится в цепи катушки реле *5d3* (502). Подогреватель

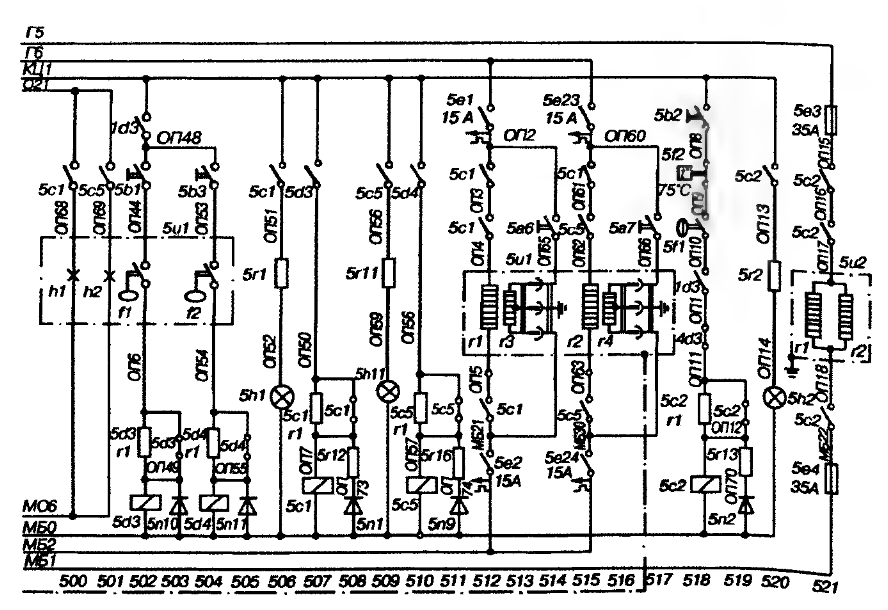


Рис. 9.6. Схема цепей кофеварки и водоподогревателя

кофе включается непосредственно пакетным выключателем *5а6* (514). Пакетные выключатели установлены на панели распределительного щита в кухне. Одним блок-контактом *5с1* (506) замыкается цепь сигнальной лампы *5h1* (506), а вторым блок-контактом *5с1* (500) включается лампа для освещения кофеварки *h1* (500). Лампа *5h1* сигнализирует о включенном положении контактора *5с1*, а не о работе кофеварки. Так, например, в случае срабатывания автоматического выключателя *5е1* или *5е2* кофеварка не работает, а лампа будет гореть.

Схема силовой цепи второго комплекта кофеварки и подогревателя кофе, а также схема цепей их управления и сигнализации аналогичны первому комплекту.

Подогреватель воды. Силовая цепь электронагревательных элементов *r1* и *r2* (521) подогревателя воды подключена к проводам *Г5* и *МБ1* и защищена предохранителями *5е3* и *5е4* на 35 А. Подогреватель воды является наиболее мощным потребителем кухни, и поэтому цепь его нагревательных элементов замыкается и размыкается тремя контактами *5с2* (521) одного контактора, который включается пакетным выключателем *5b2* (518), установленным на панели распределительного шкафа кухни. Катушка контактора *5b2* (518) получает питание через контакты ртутного термометра *5f2* (75°С), поплавкового реле *5f1*, реле *1d3* (оно включено при работающем генераторе) и реле *4d3* (его контакт замкнут, если холодильная установка вагона или не работает, или работает не на полную мощность).

После включения контактора блок-контактом *5с2* (520) включается сигнальная лампа *5h2*, а блок-контактом *5с2* (519) вводится резистор в цепь катушки контактора *5с2*. Датчик температуры отключает контактор *5с2*, если температура воды в баке достигает 75°С, и включает его, если температура снижается ниже этого предела.

Для ограничения нагрузки генератора исключается возможность включения подогревателя воды при работе холодильной установки вагона с полной холодопроизводительностью. В этом случае контактом реле *4d3* (518) ступени III охлаждения размыкается цепь питания катушки контактора *5с2* (518) и подогреватель воды отключается.

Настенные вентиляторы (рис. 9.7). На стене в помещении кухни установлены три одинаковых вентилятора с приводными двигателями *5m1* (527). Один такой же вентилятор с двигателем

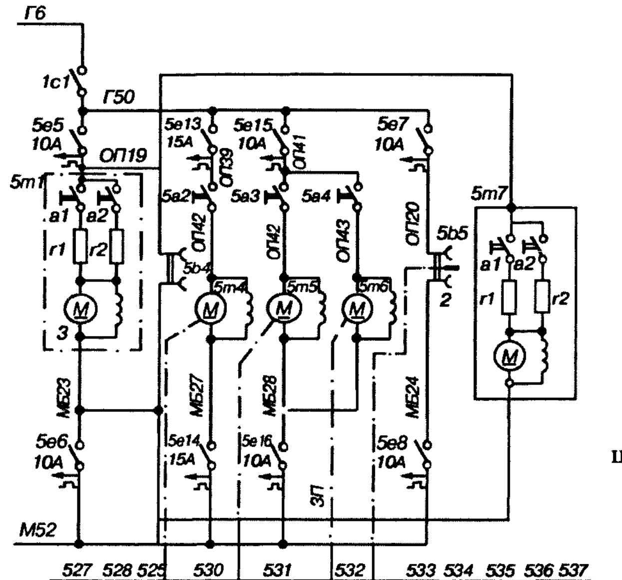


Рис. 9.7. Схема цепей вентиляторов кухни

5т7 (535) установлен на стене в посудомоечном помещении. Силовые цепи электродвигателей этих вентиляторов подключены к проводам *Г6* и *МБ2* и защищены от токов короткого замыкания и перегрузки общими автоматическими выключателями *5е5* и *5е6* на 10 А.

Режим работы каждого двигателя вентилятора устанавливается двумя выключателями *а1* и *а2*, смонтированными в ножке вентилятора. Центровые электродвигатели (обмотка возбуждения включена параллельно якорю) и соответственно вентиляторы этой группы имеют три рабочие ступеии, отличающиеся частотой вращения. На ступени 1 включен один выключатель *а1* (527,) и в цепь электродвигателя введен один резистор *r1*. При этом частота вращения двигателя наименьшая. На ступени 2 включен только выключатель *а2* (528), а в цепи электродвигателя введен один резистор *r2*, что обеспечивает работу двигателя со средней частотой вращения. На ступени *3* включены оба выключателя *а1* и *а2*, при этом в цепь электродвигателя введены два резистора, что обеспечивает работу двигателя с наибольшей частотой вращения.

Вентилятор для воздушной завесы. Вдоль кухонной плиты установлена труба с соплами, направленными вверх, через которые вентилятором продувается воздух, образующий воздушную завесу. Она ограждает обслуживающий персонал от тепла и испарений, возникающих при работе плиты.

Вентилятор приводится во вращение электродвигателем *5m4* (530), который включается и отключается пакетным выключателем *5a2*, установленным в распределительном шкафу в кухне. Цепь двигателя защищена от перегрузки и токов короткого замыкания двумя автоматическими выключателями *5e13* и *5e14* на 15 А.

Вентиляторы над плитой и на потолке кухни. Над плитой установлен вентилятор с электродвигателем *5m5* (531), а на потолке кухни вентилятор с электродвигателем *5m6* (532). Их силовая цепь защищена общими автоматическими выключателями *5e15* и *5e16* на 10 А. Электродвигатель *5m5* включается пакетным выключателем *5a3*, а двигатель *5m6* — выключателем *5a4*. Оба пакетных выключателя установлены в распределительном шкафу в кухне.

Топливная горелка. В вагонах-ресторанах последних лет постройки для нагрева плиты используется жидкое топливо. Такие плиты оборудованы топливными горелками. Воздух в горелку подается вентилятором, приводной электродвигатель *5m2* (541) которого показан на рис. 9.8. Подача топлива в горелку регулируется двумя электромагнитными клапанами *5s1* (543) и *5s2* (542). Интенсивность горения топлива зависит от подачи воздуха вентилятором, а подача от частоты его вращения. В свою очередь частота вращения вентилятора и приводного электродвигателя зависит от подводимого к нему напряже-

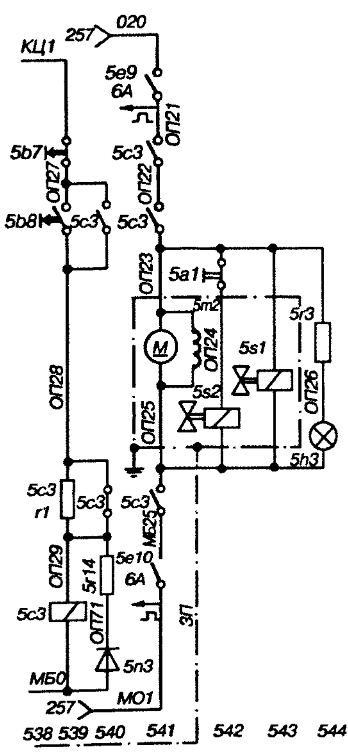


Рис. 9.8. Схема цепей топливной горелки

ния. Для поддержания примерно постоянной температуры пламени горелки следует обеспечить работу вентилятора с одинаковой подачей. Поэтому электродвигатель *5m2* получает питание не от общих проводов *Г6 – МБ2*, а подключен к проводам *020 – МО1* сети освещения, напряжение в которой стабилизируется диодным ограничителем.

В силовую цепь электродвигателя вентилятора горелки включены три контакта *5c3* (541) одного контактора и двух автоматических выключателей *5e9* и *5e10* на 6 А. Параллельио с двигателем включены цепи катушек электромагнитных клапанов *5s1* (543), *5s2* (542) и цепь сигнальной лампы *5h3* (544). Контактор включается кнопкой *5h8* (539). Его катушка получает питание через отключающую кнопку *5b7*, пусковую кнопку *5b8* и размыкающий блок-контакт *5c3*. После включения катушка контактора получает питание через блок-контакт *5c3* (540), шунтирующий кнопку *5b8*. Размыкающимся блок-контактом *5c3* (540) в цепь катушки *5c3* вводится резистор *5r14*. Силовыми контактами замыкаются цепи электродвигателя *5m2*, двух электромагнитных клапанов и сигнальной лампы *5h3*.

Один из клапанов (*5s1*) включен постоянно, а второй (*5s2*) можно отключить с помощью выключателя *5a1*, установленного в распределительном шкафу в кухне. При этом подача топлива в горелку уменьшается и поддерживается менее интенсивный режим горения. Топливная горелка отключается кнопкой *5b7*. При нажатии на эту кнопку размыкается цепь катушки контактора *5c3*, контактор отключается, вентилятор останавливается, клапаны закрываются и пламя в горелке гаснет.

Топливный насос. Для подачи топлива в баки, расположенные под вагоном и в кухне, используется топливный насос с электродвигателем *5m3* (525), показанным на рис. 9.9. Силовая цепь электродвигателя замыкается тремя последовательно соединенными контактами одного контактора *5c4*. От токов короткого замыкания она защищена двумя автоматическими выключателями *5e11* и *5e12* на 6 А и от перегрузки — тепловым реле *5e19*.

В цепи катушки контактора *5c4* (523) находятся: отключающая кнопка *5b10*, смонтированная в распределительном шкафу на кухне, и отключающая кнопка *b1* под вагоном, две параллельно соединенные включающие кнопки *5b9* (в кухне) и *b2* (под вагоном), размыкающий контакт теплового реле *5e19* (524) и

катушка контактора со вспомогательными элементами. Для защиты от перенапряжений катушка шунтирована цепочкой диод-резистор. Для ограничения тока катушки после включения контактора установлен резистор *5с4r1*. Для включения контактора и соответственно двигателя насоса следует нажать одну из включающих кнопок. После включения контактора блок-контакт *5с4* (524) замыкается и кнопку можно отпустить. Для отключения насоса нужно нажать одну из отключающих кнопок.

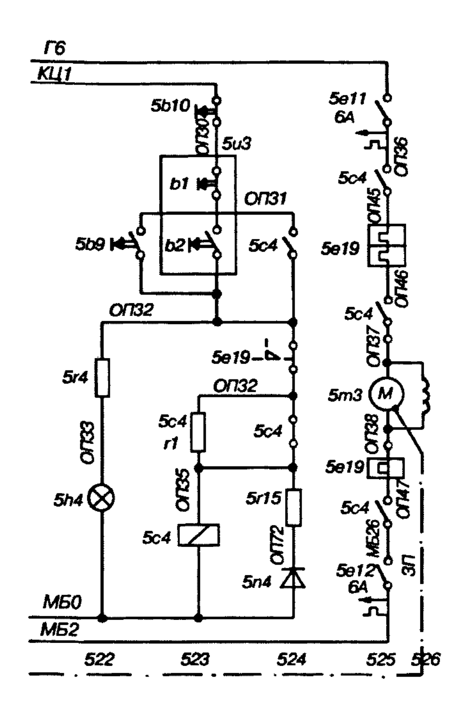


Рис. 9.9. Схема цепей топливного насоса

При срабатывании тепловой защиты контакт теплового реле *5е19* размыкает цепь катушки контактора и насос останавливается. Сигнальная лампа оповещает о включенном положении контактора *5с4*.

Штепсельные розетки. В распределительном шкафу кухни установлены две штепсельные розетки *5b5* (533) (см. рис. 9.8). Они позволяют включать одновременно две кухонные машины. Цепи розеток защищены автоматическими выключателями *5е7* и *5е8* на 10 А.

В умывальном помещении установлена двухполюсная штепсельная розетка *5b4* (529). Она используется для включения электроприборов. Эта розетка подключена к цепи вентиляторов, которая защищена автоматическими выключателями *5е5* и *5е6* (527) на 10 А.

Холодильные агрегаты. На вагонах-ресторанах установлены три одинаковых холодильных агрегата с двигателями *5и30т1* (565), *5и32т1* (569) и *5и33т1* (571) для привода компрессоров (рис. 9.10). Силовые цепи этих электродвигателей подключены к проводам *Г8* и *МБ8*. Два холодильных агрегата могут быть

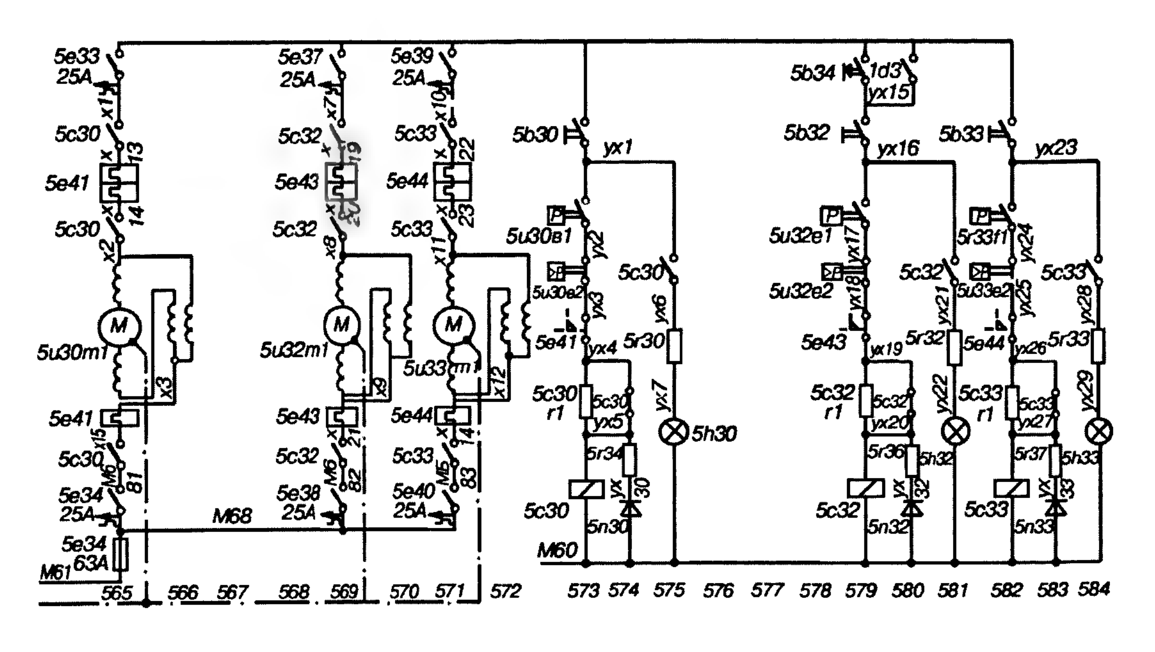


Рис. 9.10. Схема цепей холодильных агрегатов

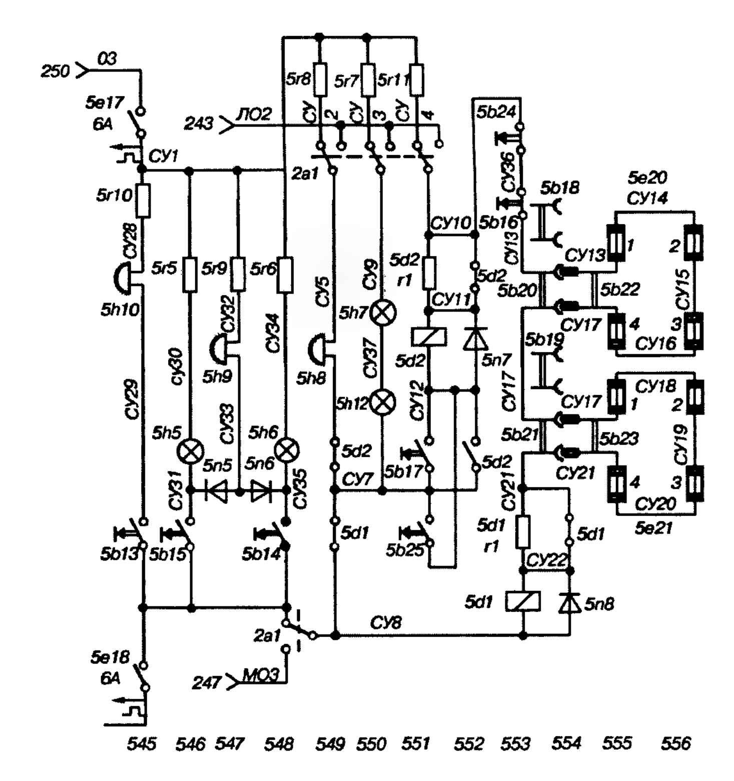


Рис. 9.11. Схема сигнализации контроля нагрева букс и вызывной сигнализации

включены как при работающем генераторе, так и при питании от аккумуляторной батареи. Холодильный агрегат с двигателем *5и32т1* (569) можно включать только на ходу поезда при работающем генераторе или в отстое вагона при питании от внешней сети. Это позволяет избежать чрезмерного разряда аккумуляторной батареи на стоянках.

Холодильные агрегаты работают в автоматическом режиме охлаждения под контролем соответствующих реле давления *5и30е1* (573), *5и32е1* (579) и *5и33е1* (582). С их помощью поддерживается на заданном уровне температура воздуха в холодильных камерах. Реле давления *5и30е2*, *5и32е2* и *5и33е2* осуществляют защиту холодильных агрегатов от недопустимого повышения давления хладона.

Силовые цепи трех электродвигателей защищены общими предохранителями *5e31* и *5e32* на 63 А. Кроме того, цепь каждого двигателя защищена двумя автоматическими выключателями на 25 А и тепловым реле. Цепь каждого двигателя замыкается своим контактором.

Рассмотрим схему включения одного из контакторов. Контактор *5c30* (573) включается пакетным выключателем *5b30*. Катушка этого контактора получает питание через выключатель *5b30*, контакт реле давления *5b30e2*, размыкающий контакт теплового реле *5e41*. Контактор включается и тремя силовыми контактами замыкает цепь электродвигателя компрессора *5u30m1*. Размыкающим блок-контактом *5c30* (574) в цепь катушки контактора вводится резистор, а замыкающим блок-контактом *5c30* (575) включается сигнальная лампа *5h30* (575). Для защиты от перенапряжений катушка контактора шунтирована цепочкой диод-резистор. По такой же схеме контактором *5c33* включается электродвигатель компрессора *5u33m1* (571).

В цепь катушки третьего контактора *5c32* (579) введен еще контакт реле *1d3* (580), который замкнут только при работающем генераторе.

Для проверки работоспособности холодильного агрегата *5u32m1* на стоянке, когда контакт *1d3* разомкнут, предусмотрена контрольная кнопка *5b34*, при нажатии которой шунтируется контакт *1d3*. В остальном схема управления холодильным агрегатом *5u32m1* не отличается от схем управления двух других холодильных агрегатов.

Сигнальные лампы *5h30, 5h32* и *5h33*, пакетные выключатели *5b30*, *5b32* и *5b33*, а также контрольная кнопка *5b34* смонтированы в распределительном шкафу.

Реле низкого давления *5u30e1*, *5u32e1*, *5u33e1* и реле высокого давления *55u30e1*, *5u32e1, 5u33e1* находятся на соответствующих холодильных агрегатах. В случае недопустимого снижения или повышения давления срабатывает соответствующая защита, при этом отключается контактор, и двигатель компрессора останавливается.

При срабатывании теплового реле катушка контактора обесточивается, контактор отключается, и двигатель компрессора холодильного агрегата остаиавливается.

9.4.2. Схемы сигнализации контроля нагрева букс и вызывной сигнализации

На вагонах СК/к установлена система контроля нагрева букс с плавкими датчиками. Восемь датчиков букс соединяются последовательно. Через эту цепь включается реле. При нормальной работе всех буксовых подшипников температура их ниже температуры плавления вставки. Если температура какой-либо буксы увеличится свыше 90–110°С, то плавкая вставка датчика расплавится, цепь разомкнется, реле обесточивается и своим контактом замкнет цепи звуковой и световой сигнализации о перегреве одной из букс.

На вагонах СК/к принцип действия контроля нагрева букс такой же, как и на купейных вагонах. Отличия заключаются в изменениях схемы, связанных с наличием на вагоне-ресторане второго дополнительного щита, с обеспечением возможности работы СКНБ от соседнего вагона с напряжением 50 В и с другим обозначением аппаратов на схеме (рис. 9.11). Основой СКНБ является реле *5d1* (553). В цепи датчиков поставлены две контролирующие кнопки *5b24* (553) и *5b16*, по одной на каждом щите. Реле *5d2*, которым можно отключить звонок *5h8* (549), включается любая из двух кнопок *5b17* и *5b25* (551), установленных на каждом щите. При нормальном электроснабжении вагона-ресторана переключатель *2a1* находится в позиции «Нормальный режим», и СКНБ получает питание по проводам *03* и *MO1* при напряжении 110 В через автоматические выключатели *5e17* и *5e18* (545) на 6 А и через резисторы *5r8* (549), *5r7* (550) и *5r11* (551), обеспечивающие снижение напряжения на звонке, лампах и реле до 50 В. При неисправной системе электроснабжения вагона-ресторана и получении питания для аварийного освещения и цепей СКНБ от соседнего вагона при напряжении 50 В переключатель *2a1* переводится в позицию «Прием питания». В этом случае в цепях звонка ламп и реле СКНБ исключаются резисторы, и они питаются непосредственно напряжением 50 В, поданным от соседнего вагона. Недостатком этой системы является появление ложных сигналов в пути следования. Такие сигналы чаще всего появляются из-за механических нарушений целостности цепи в самих датчиках (между плавкой вставкой и проводами датчика), в штепсельных разъемах при обрыве проводов.

На вагоне-ресторане установлены три звонка: *5h10* (545) — для вызова официанта, *5h9* — вызывная сигнализация к входным дверям и *5h8* — звонок СКНБ.

9.4.3. Схема цепей освещения

В вагоне-ресторане устройства освещения в основном такие же, как в купейном вагоне. В то же время имеется ряд отличительных особенностей. В ресторане имеется сеть аварийного освещения, которая может получать питание от соседнего вагона напряжением 50 В. В ресторане отсутствуют софитные светильники и синие лампы. На схемах имеются различия в обозначении аппаратов, выполняющих одинаковые функции.

Электрическое освещение в вагоне-ресторане можно разделить на следующие виды: общее (потолочное, салонов, коридоров, туалетов, тамбуров, кухни, буфета, посудомоечного помещения); местное освещение (освещение рабочих мест в кухне, включаемое обслуживающим персоналом); дежурное, включаемое в ночное время; служебное (освещение котельной, распределительного шкафа, лампы хвостовых сигнальных и номерных фонарей); аварийное (включаемое при подаче питания от соседнего вагона). Рассмотрим схему цепей питания люминесцентных ламп (рис. 9.12). От преобразователя для лю-минесцентного освещения напряжение 220 В с частотой 425 Гц подается по проводам *ЛЛ3* и *ЛЛ*. К этим проводам непосредственно подключены люминесцентные лампы светильников *2v5* (221) среднего коридора и *2v6* (223) бокового коридора. К этим же проводам, но через свои выключатели, подключены лампы светильников *2v2* (215) салона *2*, *2v4* (219) салона, *2v8* (227) буфета, *2v10* (230) посудомоечной и светильников *2v14* (235) и *2v15* (237) кухни. Последние работают вместе с дополнительными приборами *2u4* и *2u5*.

Для уменьшения нагрузки и экономии энергии схемой предусмотрена возможность отключения группы (примерно половины) люминесцентных ламп одним выключателем *2a3* (213), установленным на панели распределительного шкафа. Этим выключателем могут быть отключены лампы, смонтированные в светильниках *2v1* (213) и *2v3* (217) салонов, *2v7* (225) коридора, *2v11* (231) посудомоечного помещения и *2v16* (239) и *2v17* (241) кухни. Лампы светильника *2v7* подключены непосредственно к

проводам *ЛЛ4* и *ЛЛ*, а все другие — через свои выключатели. Светильники кухни *2v16* и *2v17* работают с дополнительными приборами *2u4* и *2u5*.

В пяти потолочных светильниках *2v1* и *2u3* салонов установлено по одной люминесцентной лампе и лампе накаливания. Обе лампы включаются двухполюсными выключателями соответственно *2a4* и *2a6*, каждый из которых имеет по два замыкающих контакта. При включении выключателя его контакты замыкают одновременно и цепи люминесцентных ламп, и ламп накаливания. Однако если включены преобразователь и выключатель *2a3*, то загораются люминесцентные лампы, а цепи ламп накаливания отключены контактом *2c2* (214). Если же преобразователь отключен, то загораются лампы накаливания.

В пяти светильниках *2v2* и пяти светильниках *2v4* салонов установлено по одной люминесцентной лампе и по одной аварийной лампе накаливания. Для включения люминесцентных ламп используются однополюсные выключатели *2a5* (215) и *2a7* (219). Аварийные лампы подключены к магистрали с напряжением 50 В и включаются одним общим выключателем *2a1* (256).

Лампы светильника *2v8* (227) в буфете включаются двухполюсным выключателем *2a8*, который имеет один замыкающий и один размыкающий контакты, что исключает одновременное включение люминесцентной лампы и лампы накаливания. Лампа накаливания может быть отключена выключателем *2a9* (228).

Люминесцентные лампы и лампы накаливания, установленные в посудомоечном помещении, включаются и отключаются трехполюсным переключателем *2a10* (230). В одном положении переключателя замыкаются цепи люминесцентных ламп и размыкается цепь лампы накаливания. В другом положении переключателя контактом *2a10* (232) замкнута цепь лампы накаливания, а цепи люминесцентных ламп разомкнуты. Лампа накаливания может быть отключена также выключателем *2a11* (232).

Люминесцентные лампы *2v14 – 2v17*, установленные в потолочных светильниках и у рабочих мест в помещении кухни, включаются одновременно контактами одного двухполюсного выключателя *2a12*. Все лампы накаливания, кроме ламп аварийного освещения, получают питание напряжением 10 В постоян-

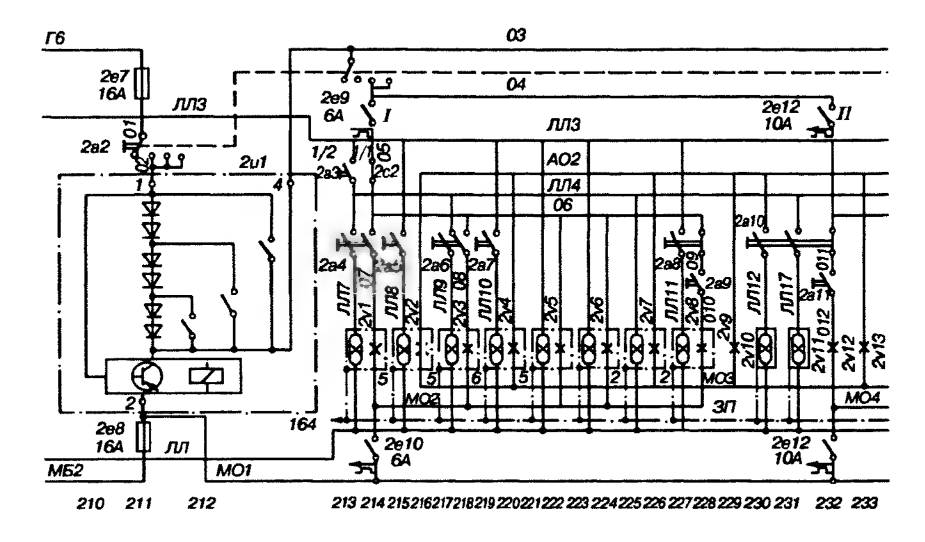


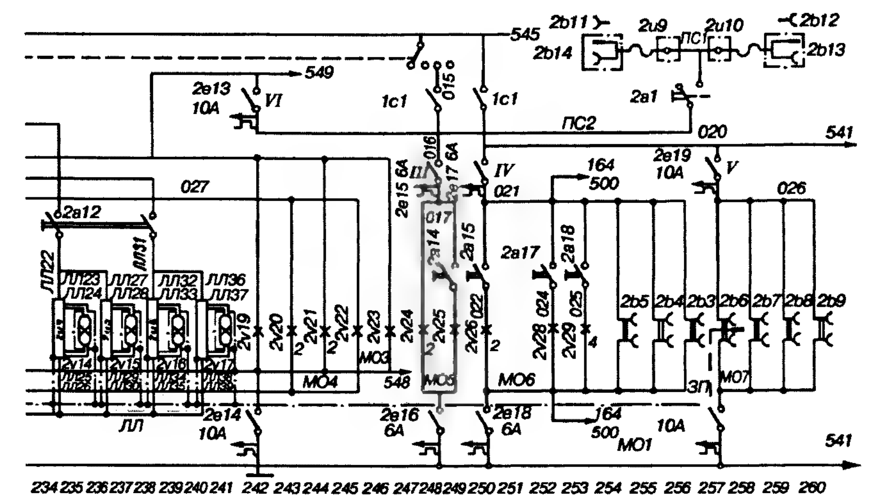
Рис. 9.12. Схема освещения

ного тока через диодный ограничитель по проводам *03* и *М01*. Лампы накаливания сети освещения и розетки с напряжением постоянного тока в вагоне-ресторане разделены на шесть групп, обозначенных на схеме римскими цифрами *I–VI*. Каждая группа защищена от токов короткого замыкания и перегрузок двумя автоматическими выключателями на 6 или 10 А. При срабатывании реле пониженного напряжения контактором *1с1* отключаются, кроме преобразователя для люминесцентного освещения, лампы накаливания и розетки, относящиеся к III, IV и V группам.

К группе I относятся лампы, установленные в потолочных светильниках салонов, коридоров и буфета. Они дублируют люминесцентные лампы и поэтому отключаются при работающем преобразователе блок-контактом *2с2* (214).

В группу II входят лампы накаливания, которые установлены в тамбурах, умывальном и посудомоечном помещениях. Лампы I и II групп могут быть включены в режимах вечернего или ночного освещения.

В группу III включены две лампы в тамбуре и одна — у зеркала при входе. Их можно включить только при положении переключателя *2а2* (248) «Вечерний режим».



вагона-ресторана

В группу IV входят лампы накаливания, установленные на кухне, в котельной, распределительном шкафу, у кофеварки, а также розетки *2b3 – 2b5*.

К группе V относятся четыре розетки *2b6 – 2b9* (257–260), установленные в посудомоечном помещении, боковом коридоре и салонах. Лампами и розетками IV и V групп можно пользоваться, если главный переключатель *2а2* находится в любом из трех рабочих положений.

В VI группу включены лампы аварийного освещения с номинальным напряжением 50 В. В отличие от вагона К/к в вагоне-ресторане при отказе системы электроснабжения можно получать аварийное питание от соседнего вагона через однопроводную электромагистраль напряжением 50 В. Поэтому в сети освещения вагона-ресторана используются лампы накаливания как на напряжение 110, так и на 50 В. Лампы аварийного освещения установлены в салонах, боковом коридоре, буфете, посудомоечном помещении, на кухне, в тамбурах и в умывальном помещении.

Электрическая сеть вагона выполнена двухпроводной. Только при аварийном электроснабжении передача электроэнергии от соседнего вагона осуществляется через однопроводную магистраль. Обратным проводом служат корпуса вагонов и рельсы.

Для включения и отключения магистрали аварийного питания установлен переключатель *2a1* (256). При нормальной эксплуатации электрооборудования вагона цепи аварийного освещения должны быть отключены от магистрали, а минусовый провод *M03* сети аварийного освещения должен быть отсоединен от корпуса вагона. Для этого переключатель *2a1* устанавливается в положение «Нормальная эксплуатация».

При неисправности системы электроснабжения и необходимости получения аварийного питания от соседнего вагона переключатель *2a1* (256) переводится из положения «Нормальная эксплуатация» в «Положение питание из магистрали». При этом контактом переключателя *2a1* (256) цепи аварийного освещения подключаются к электромагистрали *ПС1*. Через автоматический выключатель *2e14* (242) минусовый провод *M03* этой сети соединяется с корпусом вагона. Следует иметь в виду, что при аварийном питании сигнальные лампы *1h11* и *1h6* гаснут, а лампы *1h7* и *1h12* (157) горят с полной яркостью, так как минусовая цепь сети освещения подключена к корпусу вагона.

Передача электроэнергии от вагона-ресторана в соседний вагон не предусмотрена.

9.4.4. Схема электрических печей вагона-ресторана

В отличие от вагона К/к на вагоне-ресторане СК/к установлено в первом и втором салонах по две электропечи *3u2 – 3u5* (322–325) (рис. 9.13) мощностью 1,2 кВт каждая, а в посудомоечной — одна электропечь *3u6* (326) мощностью 0,5 кВт. Защита от токов коротких замыканий и перегрузок цепей электропечей осуществляется автоматическими выключателями *3e7 – 3e10* (322, 325) на ток 25 А и *3e11*, *3e12* (326) на ток 6 А. Общая цепь электропечей защищена предохранителями *3e3*, *3e4* (322) на ток 63 А. Отдельные группы электропечей *3u2*, *3u3* (322, 323), *3u4 – 3u6* (324–326) включаются соответствующими контакторами *3c3* (322), *3c5* (325) при уменьшении температуры ниже 22°С и отключаются, когда температура в помещениях становится выше 22°С. Автоматическое управление катушками контакторов *3c3* (310), *3c5* (312) происходит раздельно под воздействием соответствующих ртутных контактных термометров *3u8f1* (306) и *3u9f3* (308) на 22°С, промежуточных реле *3d2* (306) и *3d3* (308) аналогично описанному, как и на вагоне К/к.

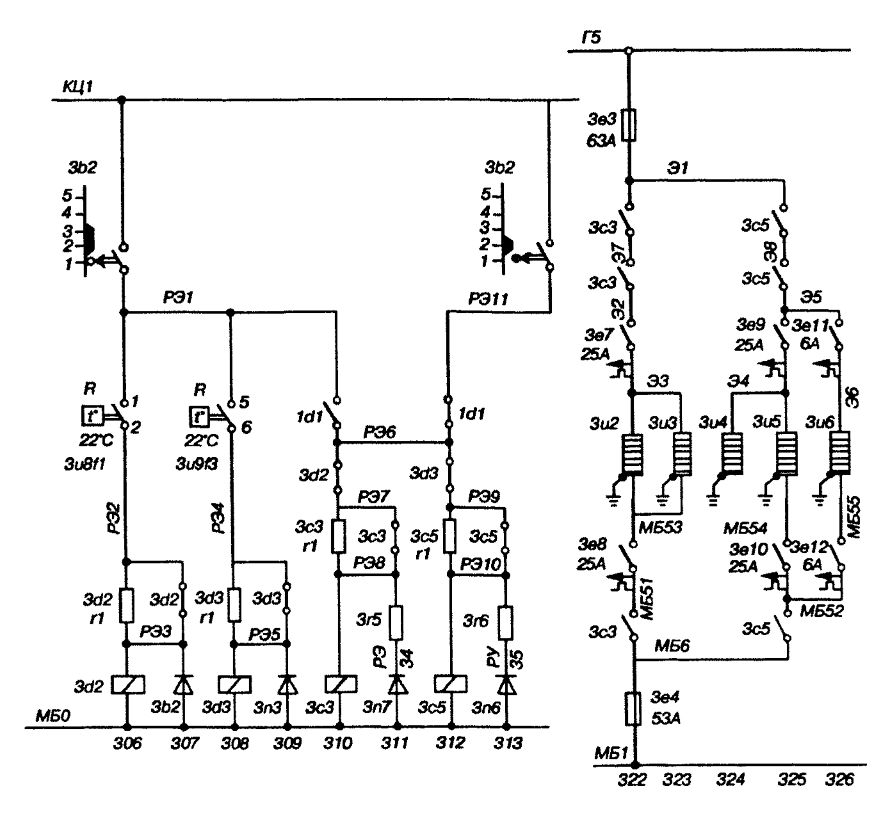


Рис. 9.13. Схема электрических печей вагона-ресторана СК/к

9.5. Электрические схемы пассажирских вагонов модели 61-820 К

9.5.1. Система энергоснабжения

Электрическое оборудование вагона состоит из следующих частей: электроснабжения; освещения; установки кондиционирования воздуха (отопление/охлаждение); бытовых потребителей; громкоговорящей установки.

В служебном купе установлен распределительный шкаф, в котором размещены все коммутационные аппараты, приборы

управления и регулирования, а также контрольные элементы и элементы обслуживания. От распределительного шкафа электроэнергия распределяется по отдельным потребителям вагона. Коммутационные аппараты установки кондиционирования и высоковольтного отопления находятся в аппаратных приборных ящиках под вагоном.

Конструкция системы электроснабжения обеспечивает снабжение электроэнергией электрических потребителей как во время движения вагона, так и при стоянке. Различаем три режима работы: режим движения (генераторный режим); режим стоянки; питание от постороннего источника.

Режим движения

Во время движения электроснабжение обеспечивается бесконтактным генератором мощностью 34 кВ·А. Он соединен с колесной парой через привод от средней части оси колесной пары, карданный вал и эластичную муфту сцепления.

Вырабатываемый генератором *1G1* (110–112) (рис 9.14, *а*, см. вкладку) трехфазный ток (116 В, 170 А) через фазовые предохранители *1A1F7*, *1A1F8*, *1A1F12* (110–112) подается к выпрямителю *1A1A1 – 1A1A3* (114–129). Выпрямленный ток через предохранитель *1F1* (119) подается аккумуляторной батарее и потребителям. Генератор с помощью регулятора напряжения *1A2* (133–146) регулируется по вольтамперной характеристике, причем обеспечиваются следующие значения:

Основное отрегулированное напряжение	141 В ($U_{макс}$)
Номинальный ток	270 А ($I_{макс}$)
Зарядный ток батареи	70 А

По измерительным приборам распределительного щита отсчитываются эксплуатационные данные установки:

1P3 (116) — ток генератора;

1P1 (120) — зарядный ток батареи (отклонение стрелки вправо);

1P1 (120) — разрядный ток батареи (отклонение стрелки влево);

1P2 (161) — измерение напряжения через выключатель *1S11* (160).

Если тумблер 1811 находится в положении «Генератор – батарея», то отсчитывается нерегулируемое напряжение генератора и соответственно батареи. Если он находится в положении

«Сесть», то отсчитывается отрегулированное напряжение для ламп накаливания.

Регулирование тока и напряжения генератора осуществляется блоком *1A2* (131–146а) путем воздействия на ток возбуждения генератора. При этом ток возбуждения подключается и отключается транзисторным выключателем в регуляторе.

При достижении максимально допустимого тока генератора напряжение регулируется на постоянное значение, а при дальнейшем повышении тока производится ограничение на максимально допустимый ток генератора, причем снижается напряжение генератора. Измерение генераторного тока осуществляется шунтом *1R20* (120), а измерение тока батареи — шунтом *1R21* (121). Когда напряжение генератора станет больше напряжения батареи *1G2* (121), потребители начинают получать питание от выпрямителя *1A1A1 – 1A1A3* (114–119).

Генератор постоянно берет на себя питание потребителей и зарядку батареи. В зависимости от величины напряжения батареи передача нагрузки осуществляется при разных скоростях движения. При разряженной батарее и небольшом токе потребителей генератор раньше берет на себя нагрузку, что благоприятно сказывается на зарядке батареи. Зарядное напряжение батареи ограничивается на максимальное значение 141±1 В, а зарядный ток — на 70 А. Регулирования зарядного напряжения в зависимости от температуры не предусматривается.

Работа генератора сигнализируется светодиодом *1H1* (132). Одновременно при достижении напряжения 120 В (ступень 3 устройства защиты от минимального напряжения) включаются «реле движения-стоянки» *1K1* (140) и *1K3* (139). Деблокируются следующие потребители: через *1K1* (527) — кипятильник или микроволновая печь; через *1K1* (541) — подогреватели воды для туалетов *1* и *2*; через *1K3* (325) — через вход управления регулятора температуры — низковольтные нагревательные элементы и электрокалорифер, полная холодопроизводительность кондиционера.

Если при снижении скорости движения напряжение генератора станет ниже напряжения батареи, то производится обратное переключение через *1K1* и *1K3*. Напряжение управления для потребителей подается центральным цепям управления *131* и *132* через главный выключатель установки *2S2* (153) и контакты указанных реле.

Цепь тока возбуждения генератора защищена автоматическим выключателем *1F5* (127) и предохранителем *1A1F11* (113). К этой цепи подключен светодиод *1H1* (132). Положительный потенциал отбирается от вспомогательного выпрямителя *1A1V3* – *1A1V5* (110–113). Обработка данных измерения для ограничения тока генератора на 270 А обеспечивается через шунт *1R20* (120). Далее, через особую измерительную цепь *1R21* (121) зарядный ток батареи замеряется и ограничивается на уровне 70 А. Обе функции реализуются путем снижения напряжения генератора.

Если при высокой температуре окружающего воздуха и очень большой нагрузке генератор слишком сильно нагревается, то снижается заданное значение тока (ниже 270 А). В случае обрыва одной из фаз или перегорании одного из предохранителей *1A1F7* – *F12* (110–112) генератор слишком сильно нагревается даже при нормальной нагрузке. В этом случае также снижается заданное значение напряжения и обеспечивается защита от двухфазной работы.

Режим стоянки

При стоянке вагона неотключаемые потребители получают питание от никель-кадмиевой аккумуляторной батареи *1G2* (121) емкостью 280 А·ч.

Если напряжение батареи становится ниже 93 В, то устройство защиты от минимального напряжения отключает реле *1K7* (142), а через контакт реле *1K7* в цепи *157* контактор *1Q2*. Контактор *1Q2* в цепи *513* отключает охладитель питьевой воды. Регулятор температуры *3A1* в цепи (324) получает сигнал от *1K7* и отключает холодильную установку. Срабатывание ступени отключения 93 В сигнализируется светодиодом *1H10* (151).

Если напряжение батареи становится ниже 87 В, то электронная защита от минимального напряжения отключает реле *1K6* (144), а оно — контактор *1Q1* (159). Контактор *1Q1* (165) через цепи управления *131* и *132* отключает преобразователь пост./пост. тока *5A*1 и холодильник, а контактом *1Q1* (224) — светильники для чтения. Кроме того, отключаются инвертор *4A3* и вентилятор приточного воздуха. Регулятор температуры *3A1* в цепи (322) получает сигнал от *1K6*. Срабатывание ступени отключения 87 В сигнализируется светодиодом *1H5* (150).

Питание из постороннего источника

В случае длительной стоянки или сильно разряженной батареи, зарядка батареи и питание установки могут осуществляться от посторонней сети трехфазного тока напряжением 380 В, 50 Гц. Приборы для питания от постороннего источника находятся в приборном ящике выпрямителя *1A1* и приборном ящике трансформатора *1A4*, установленных под вагоном.

Трансформатор *1A1T1* (102–109) трехфазного тока номинальной мощностью 23,8 кВ·А снижает напряжение местной сети с 380 В до 100 В.

Соединение с посторонним источником осуществляется питающим кабелем через разъем *1A1X1* (100–103). При нажатии кнопки *1A1S3* (167) один из контакторов трехфазного тока *1A1Q1* (167) или *1A1Q2* (169) включается и самоблокируется через контакт *1A1Q1* (163) или *1A1Q2* (162).

Реле чередования фаз *1A1K1* (100) своим контактом в цепи *167* обеспечивает включение контактора *1A1Q1* только при правильной последовательности чередования фаз (вправо). В противном случае контактом *1A1K1* (169) включается контактор *1A1Q2*, который меняет две фазы постороннего источника, обеспечивая на входе трансформатора правильную последовательность чередования фаз.

Вторичное напряжение трансформатора (провода 35–37) в цепях *102–109* подается инвертору трехфазного тока холодильной установки *1A8A1* (187–198), который в этом случае работает как выпрямитель и питает вагонную установку и аккумуляторную батарею.

С помощью переключателя *1A1S2* (100–109) можно путем переключения отводов первичной обмотки трансформатора привести напряжение установки в соответствие с напряжением местной сети. Переключатель обычно должен находиться в положении «Малое» и должен переключаться на следующую более высокую позицию только при напряжении установки ниже 130 В. Так как при питании от постороннего источника не предусматривается регулирование напряжения трансформатора подобно принципу регулирования напряжения генератора, то напряжение и ток потребителей зависят только от зарядного состояния батареи, от включенных потребителей и от положения выключателя *1A1S2*.

Выключение постороннего питания осуществляется нажатием кнопки *1S4* (167) или *1A1S4* (167), отсоединением питающего разъема *1X5* (100–103), нажатием аварийной кнопки *1S7* (167).

В любом из этих случаев цепь управления посторонним питанием в цепи (167) прерывается, контактор *1A1Q1* или *1A1Q2* отключается. Трансформатор обесточен. В нормальных условиях постороннее питание отключается путем нажатия кнопки *1S4* на щите распределительного шкафа или кнопки *1A1S4* на приборном ящике.

Аварийное отключение осуществляется кнопкой *1S7*, которая размыкающимся контактом в цепи *167* разрывает цепь питания катушки контактора *1A1Q1* или *1A1Q2*, а замкнувшимся контактом в цепи *127* включает реле *1K4*. Разомкнувшимся контактом аварийного реле *1K4* (171) разрывается цепь самоблокировки контактора *1A1Q1* или *1A1Q2*. Вторичное включение контактора *1A1Q1* или *1A1Q2* возможно только после возврата реле *1K4* в исходное положение при нажатии возвратной кнопки *1S6* (128). В случае перегрузки трансформатора срабатывает тепловое реле *1A1F1* (100–102). Контакт *1A1F1* (167) отключает контактор *1A1Q1* или *1A1Q2*. В случае короткого замыкания защита обеспечивается тремя предохранителями *1A1F2 – 1A1F4* (100–102).

Магистральный режим

Вагоны соединены между собой магистралью с соединительными разъемами *1X25*, *1X27* (147) и *1X26*, *1X28* (148), которые смонтированы на торцовых стенах вагона. Через них возможна подача энергии любому вагону поездного состава и отбор от любого вагона. Прием энергии предусматривается в случае отказа системы электроснабжения (генератора и батареи). При аварии другого вагона возможна подача энергии в магистраль. Подающие и принимающие энергию вагоны должны принципиально соединяться таким образом, чтобы нагрузка магистрали 110 В не превышала потребления энергии одного вагона в аварийном режиме.

Подача в магистраль

Переключатель магистрали *1S3* из положения «Нормальный режим» переводится в положение «Подача в магистраль». При этом замыкаются его контакты в цепях (147, 150 156, 224, 239).

Напряжение положительного потенциала подается в магистраль через предохранитель *1F7*, контакт переключателя *1S3* (147) и диод *1V5*, а напряжение отрицательного потенциала через предохранитель *1F8* и контакт переключателя *1S3*.

Прием из магистрали

Если переключатель *1S3* находится в положении «Прием из магистрали», то для обеспечения аварийного режима осуществляется питание определенных потребителей из магистрали. Напряжение магистрали (положительный потенциал) подается сборной шине *62* через *1S3* (150), а в цепи управления *132* через автоматический выключатель *1F13* (154) и контакты *2S2* (154), *1Q1* (155). Цепь управления *131* отключается контактом переключателя *1S3* (154). Напряжение отрицательного потенциала магистрали (провод 74) через *1S3* (147) подается сборной шине (провод 65), если в подающем энергию вагоне переключатель магистрали находится в положении «Подача в магистраль». Если переключатель *1S3* находится в положении «Прием из магистрали», то готовы к эксплуатации следующие потребители:

- освещение люминесцентными лампами *2E1 – 2E5* (203–227);
- освещение лампами накаливания (за исключением светильников для чтения *2E16* и *2E20*, показателей занятости туалетов *2E21 – 2E22* и освещения распределительного шкафа);
- система контроля нагрева букс (цепи 505–512), вызывная установка (500–504), холодильник *5A2* (515–519), насос отопления *3M1* (459), система пожарной сигнализации *5A10* (549–555), штепсельные розетки в служебном купе *2X7* (235), распределительном шкафу *2X6* (238), котельной *2X3* (237);
- система управления высоковольтным отоплением (через регулятор температуры *3A1*).

В аварийном режиме электрическая установка вагона приводится в готовность к эксплуатации только включением главного переключателя установки *2S2* (153). Одновременно включается и электронная защита от минимального напряжения *1K6*, *1K7* (142, 144), так что снижение напряжения вследствие разрядки батареи питающего вагона или слишком сильного падения напряжения

в магистрали и ее соединениях приводит к отключению потребителей. Если электрическая установка вагона питается от магистрали, то устройство регулирования и управления *1A2* отключается контактом переключателя *1S3* (130).

Аварийное отключение

В распределительном шкафу имеется аварийная кнопка *1S7* (127), при нажатии которой в аварийной ситуации установка почти полностью отключается. В частности проводятся следующие операции: включается реле удержания *1K4* (127), вследствие чего через контакт (140) напряжение генератора регулируется на безопасное минимальное значение; через контакт *1K4* (159) контакторы *1Q1* и *1Q2* выключаются и цепи управления *131* и *132* отключаются; через контакт кнопки *1S7* (167) и контакт реле *1K4* (171) отключается контактор постороннего питания *1A1Q1* или *1A1Q2*, если он до этого был включен.

Аварийное состояние сигнализируется светодиодом *1H2* (137). Внутри распределительного шкафа установлена возвратная кнопка *1S6* (128), с помощью которой можно вернуть реле *1K4* в нормальное положение. Эту операцию, однако, можно проводить только после выявления причины аварии и ее устранения.

Защита от перенапряжений

Регулятор напряжения генератора имеет ряд внутренних защитных схем, приводящих к снижению тока возбуждения в случае помехи. Для обеспечения достаточной защиты даже при серьезном дефекте (например, пробой транзистора оконечного каскада, отсутствие одной из печатных плат в блоке управления и т.п.) входная часть регулятора оборудована тиристором, замыкающим накоротко всю цепь возбуждения. В этом случае срабатывает защитный автомат *1F5* (127), и генератор полностью развозбуждается.

После устранения причины помехи генератор опять приводится в готовность к эксплуатации включением защитного автомата *1F5*. Нажатие аварийной кнопки *1S7* приводит не к закорачиванию цепи возбуждения, а к снижению тока возбуждения.

Устройство сигнализации замыкания на корпус

Задачей устройства сигнализации замыкания на корпус является выявление дефектов изоляции электрической установки, двухполюсно изолированной от корпуса вагона. В нормальных условиях оба светодиода *1H6* и *1H7* должны гореть с одинаковой яркостью, если устройство включено. Включение производится кнопками *1S10* и *1S12* (154). В случае дефекта изоляции положительного или отрицательного потенциала установки оба световых сигнализатора горят с различной яркостью. Замыкание на корпус отрицательного потенциала сигнализируется светодиодом *1H6*, а замыкание положительного потенциала светодиодом *1H7*.

Аварийный режим при разряженной батарее

Так как работа регулятора должна быть связана с наличием исправной аккумуляторной батареи, то электронный блок управления получает питание от батареи по проводу *149* (142). В случае отсутствия батареи генератор не возбуждается. Если батарея имеется, но разряжена до напряжения ниже 40 В, то генератор не возбуждается.

На этот случай в распределительном шкафу предусматривается кнопка *1S2* (134). При нажатии на эту кнопку при работающем генераторе и включенном главном выключателе установки остаточное напряжение по проводу *43* подается на блок электронного управления регулятором. Как только генератор отдает напряжение, это напряжение по проводу *149* подается регулятору, и кнопку *1S2* можно отпустить.

В большинстве случаев, однако, при отключенных потребителях напряжение батареи достаточно для включения регулятора возбуждения генератора, поэтому кнопкой *1S2* следует пользоваться только в исключительных случаях.

9.5.2. Силовой блок установки кондиционирования воздуха

Силовой блок установки кондиционирования воздуха (рис. 9,14, *б*, см. вкладку) состоит из компактного крышевого агрегата *4A2*, находящегося в крышевом пространстве, подвагонного ящика инверторов трехфазного тока *1A8* (175–198) с инвертором

трехфазного тока *1A8A1* (186–198) для холодильной установки и вставным блоком инверторов трехфазного тока *1A8A2* (175–186), низковольтных нагревательных элементов *4E2 – 4E5* (462–465) в помещениях вагона и высоковольтного отопления с отопительным котлом *4A1* (469–470).

Во вставном блоке инверторов трехфазного тока содержится по одному инвертору вентилятора приточного воздуха (DRZ–*1A8A2/2*) и вентилятора конденсатора (*DRKL – 1A8A2/3*). Перед этими двумя инверторами включен общий преобразователь «Пост./пост.» тока *1A8A2/2* (175–180), обеспечивающий необходимое входное напряжение для инверторов.

Система управления установкой кондиционирования и циркуляционный насос отопления подключены к аккумуляторной батарее 110 В.

Компактный крышевой агрегат

Крышевой агрегат *4A2* состоит из компрессора, конденсатора, вентилятора приточного воздуха, водяного калорифера, электрокалорифера, электромагнитных вентилей жидкостной линии, реле потока воздуха, устройств защиты от перегрева и контроля направления вращения компрессора, а также реле давления.

Вентилятор приточного воздуха

Двигатель вентилятора приточного воздуха *4A2M3* (427) питается от трехфазного инвертора вентилятора приточного воздуха (*DRZ*), установленного в ящике трехфазных инверторов *1A8* (диапазон напряжения 200–242 В, частоты тока 45–55 Гц), подача воздуха максимум 4000 м^3/ч.

Включение вентилятора осуществляется электронным регулятором температуры *3a1* (ETR) через реле *3K5* (364), которое обеспечивает включение вставного блока инверторов *1Д8A2* (176–186) через контакт *3K5* (177). Одновременно напряжение, отдаваемое инвертором, приводит к включению реле *3K6* (425), контакт которого *3K6* (319) подает обратный сигнал регулятору температуры о том, что инвертор работает, а контактом *3K6* (328) включает светодиод *3H2* (328), сигнализирующий о включенном состоянии инвертора.

Реле потока воздуха *3B27* (430) зондом *4A2B1* (429) контроли-

рует поток воздуха, а контактом *3B27* (310) дает сигнал электронному регулятору температуры, косвенно воздействуя, таким образом, на соответствующие агрегаты.

Управление задвижками

При помощи задвижек, приводимых в действие двигателями *4A2Y3M* (439) и *4A2Y4M* (450), производится регулирование количества свежего воздуха, подаваемого в вагон.

Управление задвижками осуществляется электронным регулятором температуры через реле *3K10 – 3K14* (398–406). Эти реле в соответствии с матрицей управления включают электроцилиндры *4A2Y3 – 4A2Y4* (437–458), устанавливающие задвижки в соответствующее положение.

При включении регулятора температуры и выхода его из аварийного ручного режима или из состояния «Выключено» задвижки в течение 30 сек переходят в положение 0° (исходная позиция), а затем в позицию в соответствии с таблицей:

Таблица. **Матрица управления задвижками**

Положение задвижки	Угол открытия	Реле управления				
		3K11	3K12	3K13	3K14	3K10
Закрыто	0°	0	0	0	0	0
0 → 1	0° → 8°	0	0	0	0	1
0 → 2	0° → 19°	0	1	0	0	1
0 → 3	0° → 30°	0	1	0	1	1
1 → 2	8° → 19°	0	1	0	0	1
1 → 3	8° → 30°	0	1	0	1	1
2 → 3	19° → 30°	1	1	0	1	1
3 → 2	30° → 19°	1	1	1	1	0
3 → 1	30° → 8°	1	1	0	1	0
3 → 0	30° → 0°	0	1	0	1	0
2 → 1	19° → 8°	1	1	0	1	0
2 → 0	19° → 0°	0	1	0	1	0
1 → 0	8° → 0°	0	1	0	0	0

Примечание. 0 — реле управления выключено; 1 — реле управления включено.

В случае срабатывания реле движения/стоянки (режим охлаждения или отопления со сниженной мощностью) задвижки должны устанавливаться в положение 8° для замедления снижения (в зимнем режиме) или повышения (в летнем режиме) температуры в вагоне.

В случае дефекта датчика температуры наружного воздуха регулятор автоматически отключается, при этом управление задвижками в соответствии с вышеуказанной матрицей уже невозможно. При аварийном режиме, который может включаться в этом случае, необходимо вручную установить задвижку в положение 8° с тем, чтобы обеспечивать хотя бы минимальную подачу свежего воздуха.

Управление задвижками в режиме вентиляции и отопления:

— в режиме предварительного нагрева или предварительного охлаждения задвижки свежего воздуха должны удерживаться в положении 1 (8°);

— при температуре наружного воздуха $t_н < -20°C$ задвижки должны устанавливаться в положение 1 (8°);

— при температуре наружного воздуха $-20°C < t_н < -5°C$ установить задвижки в положение 2 (19°);

— при температуре наружного воздуха $-5°C < t_н < 26°C$ установить задвижки в положение 3 (30°).

Управление задвижками в режиме охлаждения:

— при температуре наружного воздуха $t_н < 26°C$ установить задвижки в положение 3 (30°);

— при температуре наружного воздуха $t_н > 26°C$ установить задвижки в положение 2(19°).

Холодильная установка

Винтовой компрессор холодильной установки с двигателем трехфазного тока *4A2M1* (410–413) питается от инвертора трехфазного тока холодильной установки (*DRK*) *1A8A1* (186–198) через трансформатор *1A4T1* (100–109).

Питание вентилятора конденсатора *4A2M2* (415–418) осуществляется от инвертора трехфазного тока *1A8A2/3* (183–185) неизменяющейся частотой около 65 Гц. Холодопроизводительность установки регулируется изменением скорости вращения компрессора путем регулирования напряжения/частоты в диапазоне от 94 до 308 В (30–65 Гц).

Управление холодильной установкой осуществляется электронным регулятором температуры в зависимости от температуры. Двигатель винтового компрессора включается контактором *4A2Q1* (361), а двигатель вентилятора конденсатора включается в зависимости от величины давления в конденсаторе через *4A2F3* и реле *3K15* (359).

Предохранительные приборы УКВ работают независимо от электронного регулятора температуры и непосредственно воздействуют на цепи управления холодильной установкой:

— реле высокого давления *4A2F5* (352–353);

— реле давления всасывания *4A2F6* (354);

— термическая защита двигателя компрессора *3F1* (353–355);

— термическая защита вентилятора конденсатора *3F2* (359).

Каждый из этих защитных приборов подает сигнал электронному регулятору температуры (рис. 9.15, см. вкладку). Возможное срабатывание защитного автомата *4F10* (434) сигнализируется электронному регулятору температуры через вспомогательный контакт *4F10* (311), так что регулятор отключает холодильную установку.

Электромагнитные вентили *4A2Y1* (434) и *4A2Y2* (435) включаются и выключаются в зависимости от холодопроизводительности установки контактами *3Q1* (434) и *3K2* (435) по команде электронного регулятора температуры. При включении *4A2Y1* хладон подается в одну секцию воздухоохладителя, а при включении *4A2Y1* и *4A2Y2* в обе секции.

Водяной калорифер

Установленный в надпотолочном пространстве водяной калорифер не имеет регулирующего звена. При работающем водяном отоплении через него постоянно течет вода.

Низковольтное отопление

Низковольтное отопление состоит из двух блоков электрокалорифера *4A2E1* (460) и *4A2E2* (461) мощностью 3 кВт каждый в крышевом агрегате и из низковольтных нагревательных элементов *4E2 – 4E5* (462–465) суммаркой мощностью 3 кВт, установленных в купе вагона. Включение осуществляется электронным регулятором температуры в зависимости от температуры через следующие контакторы:

— *3Q9* (391) — блок отопления 1 (*4A2E1*);
— *3Q10* (392) — блок отопления 2 (*4A2E2*);
— *3Q11* (395) — нагреватели *4E2 – 4E5* электрокалорифера.

Каждый из блоков электрокалорифера имеет защиту от перегрева *4A2F1* (460) и *4A2F2* (461), отключающую соответствующий блок отопления при температуре >92°C независимо от регулятора температуры.

Высоковольтное отопление

24 нагревательных элемента котла суммарной мощностью 48 кВт разделены на две группы по 24 кВт. Их включение и выключение осуществляется контакторами *3A15Q35* (371) и *3A15Q6* (374), электронным регулятором температуры или вручную.

Независимо от регулятора температуры, реле температуры воды *3B26* (382), выключатель недостатка воды *3S25* (370) и контакт блокировки защитного кожуха котла *3S6* (370) воздействуют непосредственно на блок управления.

Для защиты нагревательных элементов котла от замыкания на корпус предусматривается дифференциальное реле *3A15A1* (469–470). В случае помехи, реле дифференциальной защиты включает вспомогательные реле *3K7* (377) и *3K8* (379), которые подают сигнал электронному регулятору температуры, отключают высоковольтные контакторы и включают светодиоды *3H10* (384) и 3H11 (386).

Насос отопления

Для ускорения циркуляции горячей воды установлен насос отопления *3M1* (459). Он включается электронным регулятором температуры через контактор *3Q26* (388). Для защиты двигателя насоса имеется тепловое реле *3F6*, отключающее двигатель насоса контактом *3F6* (388) через *3Q6* (381) при перегрузке.

9.5.3. Электронный регулятор температуры

Назначение регулятора температуры

Электронный регулятор температуры состоит из 7 функциональных групп, установленных в выдвижном блоке. Обслужи-

вание осуществляется с панели обслуживания распределительного шкафа кнопочными выключателями *3S16* (326) и *3S17* (333).

Задачей регулятора температуры является обеспечение автоматического регулирования температуры в вагоне за счет работы установки кондиционирования воздуха или отопительных установок. При температуре наружного воздуха от –15°C до +19°C основное заданное базисное значение температуры воздуха в вагоне при нормальном режиме составляет 22°C. С помощью выключателя *3S17* (333) «Температура помещения», установленного на табло обслуживания пульта вагона, можно изменять эту величину на ±2°C с интервалом в 1°C.

При температуре наружного воздуха от +19°C до +32°C температура в вагоне должна быть равной $t_в = 22 + 0{,}25(t_н - 19)$°C, при температуре наружного воздуха выше +32°C – $t_в = 25 + 0{,}25(t_н - 32)$°C, а при температуре наружного воздуха ниже –5°C – $t_в = 25 + 0{,}25(t_н + 15)$°C.

Обслуживающий персонал имеет возможность воздействия на регулирование с помощью соответствующих приборов. На четырехзначном цифровом дисплее показываются все температурные значения в режимах отопления и охлаждения, а также напряжение управления инвертора трехфазного тока. Эксплуатационное состояние установки кондиционирования указывается светодиодами на табло выключателей обслуживания. Кроме того, имеется сервис-интерфейс *RS – 232*, обеспечивающий отсчет или распечатку всех эксплуатационных и диагностических данных.

Структура цепей автоматического регулирования

Структура цепей автоматического регулирования регулятора температуры имеет две цепи: основную и подчиненную. Задающим параметром для внешней цепи регулирования является температура воздуха в вагоне. Разность между заданным и действительным значением температуры воздуха в вагоне представляет собой входную величину регулятора внешней цепи регулирования. В зависимости от величины и знака этой разности на выходе основной цепи регулирования создается входной сигнал для подчиненной внутренней цепи регулирования. Подчиненной цепью является водяное, низковольтное отопление или же установка кондиционирования воздуха в зависимости от того, тре-

буется режим отопления или охлаждения. Наложенная цепь регулирования определяет заданные значения температуры воды в подающем трубопроводе системы отопления вагона или температуры приточного воздуха. В подчиненной цепи регулирования регулируется мощность системы отопления или охлаждения для обеспечения минимальной разности температуры воды в подающем трубопроводе или температуры приточного воздуха при сохранении стабильности системы регулирования.

Сначала по температуре наружного воздуха по дуостатическим характеристикам определяются основные значения заданной температуры приточного воздуха или температуры воды в подающем трубопроводе. При этом температура воздуха в вагоне грубо согласуется с температурой наружного воздуха. Далее определяется разность между заданным и действительным значением температуры воздуха в вагоне, и это значение подается на регулятор внешней цепи регулирования.

Он имеет два Pi-канала для коррекции, один из которых настроен на регулирование температуры воды в подающем трубопроводе, а другой на регулирование температуры приточного воздуха. Регулятор дает два выходных значения, которые налагаются с правильным знаком на соответствующие основные заданные значения, полученные дуостатическим способом. Таким образом, зависимые от наружного воздуха основные заданные значения корректируются потребностью мощности внутри вагона. При этом должны обеспечиваться заданные значения приточного воздуха: верхнее предельное значение 30°С в режиме регулирования и 60°С в режиме предварительного нагрева, нижнее предельное значение 10°С при охлаждении. Обеспечиваемые предельные заданные значения температуры воды в подающем трубопроводе составляют 90°С и 5°С (дежурное отопление).

Путем сравнивания заданного значения приточного воздуха с температурой смешанного воздуха (датчик температуры установлен в смесительной камере перед вентилятором приточного воздуха) определяется, требуется ли отопление или охлаждение смешанного воздуха. Если требуется охлаждение, то приточный воздух при помощи холодильной установки охлаждается до заданного значения приточного воздуха, определяемого внешней цепью регулирования. Если, наоборот, требуется отопление, то регулирование в диапазоне температуры наружного воздуха >12°С опирается только на низковольтное отопление. При

этом оба калорифера включаются и выключаются сепаратно. При температуре наружного воздуха ниже 12°C система водяного отопления регулируется на необходимую температуру воды в подающем трубопроводе, заданную внешней цепью регулирования таким образом, чтобы потребность покрывалась суммарным действием калориферного отопления и основного конвекционного отопления, причем в режиме предварительного нагрева включается и низковольтное отопление.

Управление и регулирование

Управление установкой кондиционирования воздуха и ее регулирование после включения главного выключателя *2S2* осуществляется автоматически электронным регулятором температуры. Регулятор в зависимости от установленного заданного значения температуры, температуры внутри вагона и температуры наружного воздуха принимает решение о том, требуется ли отопление, охлаждение или лишь вентиляция.

Режимы работы, не соответствующие нормальному режиму (автоматика), можно установить при помощи главного выключателя *3S16* (326) на панели обслуживания распределительного шкафа. На индикаторном табло, установленном над панелью обслуживания, светодиоды показывают выбранный режим работы и отклонения от центрального заданного значения температуры.

Электронный регулятор температуры имеет следующие входы и выходы:

- аналоговых входов для подключения датчиков температуры типа Pt 100;
- 24 двоичных входа для ввода сигналов управления и информации;
- 4 потенциальных входа со стороны установки;
- 24 двоичных выхода, к которым подключены пусковые устройства для управления контакторами в установке;
- 1 аналоговый выход 0–10 В для управления инвертором трехфазного тока холодильной установки с изменением напряжения и частоты.

Общее описание работы

При включении главного выключателя установки *2S2* система управления установкой кондиционирования воздуха самостоя-

тельно переходит на нормальный режим работы (автоматику). Каждый раз при вводе в эксплуатацию или после отключения рабочего напряжения регулятора температуры, а также после отключения холодильной установки более чем на два часа, при вторичном включении сначала проводится контроль направления вращения магнитного поля.

Включение установки происходит в следующей последовательности:

— включение инвертора трехфазного тока холодильной установки и доведение частоты тока до 45 Гц без компрессора;

— подключение *INT*-входа управления *DI* после достижения частоты 45 Гц при помощи *3К2* (реле для подключения магнитного вентиля испарителя 2);

— если обеспечивается правое направление вращения, то инвертор отключается, а после этого может опять включаться вместе с компрессором, если требуется охлаждение;

— подключение устройства контроля направления вращения производится каждый раз при включении магнитного вентиля испарителя 2 (частота менее 45 Гц).

Режим охлаждения

Предварительное охлаждение характеризуется тем, что в нормальном режиме с регулированием задвижки свежего воздуха удерживаются в положении 1 (8°) до тех пор, пока температура воздуха в вагоне не снизится до значения на 2°С выше заданного.

Предварительное охлаждение заканчивается и управление задвижками деблокируется, если после предварительного охлаждения температура воздуха в купе снизилась до значения на 0,5°С выше заданного.

Режим пуска холодильной установки

При включении холодильной установки по истечении более чем двухчасового отключенного состояния требуется следующий режим пуска:

- включение двигателя конденсатора (с шунтированием реле давления всасывания) за 10 с до пуска компрессора, инвертор трехфазного тока работает на частоте 50 Гц;
- пуск компрессора при частоте 30 Гц в течение 3 с, магнитный клапан 1 открыт, а 2 закрыт;

— разгон компрессора в течение 10 сек с 30 Гц до 50 Гц, магнитный клапан 1 открыт, а 2 открыт с момента достижения частоты тока >45 Гц;
— работа при 50 Гц в течение одной минуты, после этого деблокировка режима регулирования;
— каждый раз при пуске холодильной установки необходимо сначала включение главного контактора кондиционирования через выход регулятора с «Шунтированием контактов реле давления всасывания», и только по истечении 2 мин подключение его через выход регулятора «Без шунтирования реле давления всасывания»;
— ограничение количества пусков не более 10 в час.

Если требуется охлаждение, то электронный регулятор температуры после проверки направления вращения магнитного поля включает контактор *3Q1* (353) через двоичный выход *Sa3* (355) «Реле давления всасывания зашунтировано».

Контакт *3Q1* (192) включает инвертор трехфазного тока холодильной установки *1A8A1/1*. Одновременно через *5K15* (359) включается инвертор трехфазного тока *1A8A2/3* вентилятора конденсатора *4A2M2* (415–418).

Так как реле *3K15* (359) может включить электродвигатель вентилятора конденсатора только при замкнутом контакте реле давления конденсации *4A2F3* (359), т.е. при давлении в конденсаторе выше 1,25±0,07 МПа, то в течение предварительной подачи воздуха около 6 мин. контакты прессостата *4A2F3* принудительно шунтируются контактами реле времени *3K16* (360). После предварительной вентиляции контактор *4A2Q1* (361) двигателя компрессора *4A2M1* (410–413) включается через выход регулятора. Только по истечении дальнейших двух минут главный контактор кондиционирования *3Q1* переключается на питание через выход регулятора *Sa2* (354) «Реле давления всасывания не шунтировано» и деблокируется режим регулирования.

О работе двигателя компрессора сигнализирует светодиод *3H1* (326) на панели обслуживания распределительного шкафа. Одновременно контактом *3Q1* (434) включается магнитный вентиль *4A2Y1* первой секции воздухоохладителя. Если по истечении времени задержки около 10 сек нет необходимого давления всасывания, то *4A2F6* (354) размыкает свой контакт и отключает двигатель компрессора.

В цепи тока катушки *3Q1* (354) установлены контакты реле

высокого давления *4A2F5*, предохранительного реле давления *4A2F4*, реле низкого давления *4A2F6*, а также контакт расцепителя *4A2F8* термической защиты и защиты от неправильной последовательности чередования фаз двигателя компрессора.

Перегрев двигателя компрессора и неправильная последовательность чередования фаз сигнализируется светодиодом *3H6* (336) на панели диагностики распределительного шкафа. Светодиод *3H5* (334), расположенный там же, сигнализирует о срабатывании реле давления *4A2F5*. В этом случае реле *3K1* (351) блокирует вторичное включение. Блокировка снимается нажатием кнопки *3S1* (351) на панели диагностики.

За счет изменения величины сигнала аналогового выхода электронного регулятора температуры в цепи *318* изменяются напряжение и частота тока инвертора холодильной установки, то есть изменяется скорость вращения двигателя компрессора, благодаря чему обеспечивается частичное бесступенчатое регулирование холодопроизводительности.

Аналоговый сигнал 0–10 В использует следующие диапазоны:

0 В — выключено;

1,5 В — f = 30 Гц;

9,1 В — f = 65 Гц.

Двигатель *4A2M3* (427) вентилятора приточного воздуха работает на постоянной частоте около 48 Гц, если электронный регулятор температуры через реле *3K5* (364) контактом *3K5* (177) включил преобразователь *1A8A2/1* (178–130), а вследствие этого инвертор трехфазного тока вентилятора приточного воздуха *1A8A2/2* (180–182) включился и достиг рабочих параметров.

Выключателем *1S13* (182) можно через реле *1A8K1* (182) путем подключения или отключения соответствующего делителя напряжения выбирать летний или зимний режим скорости вращения вентилятора.

Реле потока воздуха *3B27* (430) своим зондом *4A2B1* (429) контролирует поток воздуха в канале приточного воздуха. Если скорость движения воздуха ниже 1,5–3 м/с, то контакт *3B27* (310) размыкается, и электронный регулятор температуры отключает двигатели компрессора и вентилятора конденсатора или электрокалорифер.

При недопустимом нагреве обмоток двигателя тепловой расцепитель *3F8* своим контактом в цепи *364* отключает двигатель вентилятора.

Для защиты от недопустимого повышения тока и перегрева обмоток двигателя вентилятора конденсатора установлено электронное реле защиты от перегрева обмоток *3F2* (423–424) и тепловое реле *3F9* (415–417).

Предварительное охлаждение

Предварительное охлаждение характеризуется тем, что в нормальном режиме с регулированием задвижки свежего воздуха удерживаются в положении 1 (8°) до тех пор, пока температура воздуха в вагоне не снизилась до значения на 2°С выше заданного.

Предварительное охлаждение заканчивается и управление задвижками деблокируется, если после предварительного охлаждения температура воздуха в купе снизилась до значения на 0,5°С выше заданного.

Режим регулирования

Холодопроизводительность холодильной установки регулируется скоростью вращения соответственно частотой/напряжением двигателя компрессора.

Дополнительно необходимо соблюдать следующие условия:

— блокировка холодильной установки при температуре наружного воздуха ниже 14°С (отключение холодильной установки при температуре наружного воздуха 13,5°С или ниже и возможность вторичного включения при температуре выше 14,5°С);

— блокировка работы холодильной установки при недостаточном потоке воздуха;

— отключение холодильной установки в случае срабатывания линейного защитного автомата магнитных клапанов, устройства термической защиты, реле высокого давления или реле давления всасывания.

При срабатывании реле высокого давления или реле давления всасывания вторичное включение холодильной установки блокируется при помощи реле установки. Блокировку можно снять нажатием возвратной кнопки. В случае срабатывания второго реле высокого давления возврат осуществляется вручную на самом реле высокого давления.

Инструкцией предусмотрено:

ограничение температуры приточного воздуха на 10°С как минимум в режиме предварительного охлаждения и режиме регулирования;

ограничение частоты трехфазного тока на 30 Гц при напряжении установки ниже 120 В;

ограничение частоты трехфазного тока на 50 Гц при температуре наружного воздуха более 45°С как в автоматическом, так и в аварийном ручном режиме;

отключение холодильной установки при срабатывании пониженного напряжения *1K7* (бортовое напряжение ниже 93 В) и вторичное включение при напряжении установки выше 125 В.

При включенных выключателях аварийного ручного режима регулятор температуры больше не действует на холодильную установку (блокировка).

Режим отопления

Если электронный регулятор температуры устанавливает, что необходимо отопление, то котел отопления *4A1* (469–470) включается контакторами *3A15Q5* (371) и *3A15Q6* (374) по следующему режиму.

Если требуется отопительная мощность ниже 24 кВт, то регулятор температуры должен регулировать мощность котла путем повторно-кратковременного режима работы одной группы отопления. Время коммутационного цикла должно составлять около 20 мин. В предельном случае одна группа отопления остается постоянно включенной. Этот режим называется «высоковольтным отоплением 1».

В случае дальнейшего повышения необходимой отопительной мощности одна группа отопления должна работать постоянно, а необходимая теплопроизводительность должна регулироваться путем повторно-кратковременного режима работы второй группы отопления. В предельном случае обе группы отопления постоянно включены. Этот режим называется «высоковольтным отоплением 2». Для обеспечения более равномерной нагрузки обеих групп отопления регулятор температуры в режимах высоковольтного отопления *1* и *2* должен после каждого коммутационного цикла менять высоковольтные контакторы *1* и *2*.

Для обеспечения равномерной нагрузки обеих групп отопления электронный регулятор температуры как в режиме отопления 1, так и в режиме отопления 2 после каждого цикла включения меняет включение контакторов.

При температуре наружного воздуха ≥12°C обе группы отопления блокируются электронным регулятором температуры. При недостатке воды обе группы отопления отключаются выключателем *3B26* (370), а при перегреве — выключателем *3H26* (382). Обеспечивается общая сигнализация светодиодом *3H7* (338) на панели диагностики распределительного шкафа и передача общего сигнала о состоянии электронному регулятору температуры через *ра3* по цепи 314. В случае перегрева *3K4* (382) блокируется вторичное включение. Возврат осуществляется кнопкой *3S7* (383) на панели диагностики.

Насос отопления *3M1* (459) при наличии высокого напряжения работает в режиме разогрева только тогда, когда температура воды в подающем трубопроводе ниже температуры воздуха в купе плюс 10°C. Включение производит электронный регулятор температуры через контактор *3Q6* (388).

В случае отсутствия высокого напряжения насос отопления включается и работает до достижения температуры подающего трубопровода выше температуры купе +10°C.

Управление низковольтными контакторами отопления

Если требуется отопительная мощность ниже 3 кВт, то регулятор температуры должен обеспечивать необходимую калориферную мощность путем повторно-кратковременного режима работы одного из калориферов. Продолжительность цикла переключения должна составлять приблизительно 1,5 мин. В предельном случае калорифер остается постоянно включенным. Этот режим работы называется «низковольтным отоплением I». В случае дальнейшего повышения необходимой отопительной мощности один калорифер должен работать постоянно, а необходимая теплопроизводительность должна регулироваться путем повторно-кратковременного режима работы второго калорифера 3 кВт. В предельном случае оба калорифера постоянно включены. Этот режим называется «низковольтным отоплением 2».

Для обеспечения более равномерной нагрузки обоих калориферов регулятор температуры в режимах низковольтного ото-

пления 1 и 2 должен после каждого коммутационного цикла менять низковольтные контакторы 1 и 2.

9.5.4. Режимы работы установки

Нормальный режим. В момент включения системы главным выключателем установки электронный регулятор температуры самостоятельно включается на нормальный режим (автоматику) и начинает действовать. В среднем положении центрального регулятора заданного значения при температуре наружного воздуха $t_н \leq 19°C$ базисное заданное значение составляет 22°С, а при температуре наружного воздуха $t_н > 19°C$ базисное заданное значение изменяется по соотношению $22 + 0{,}25\ (t_н - 19)°C$. Кнопкой *3S16* (326) выбираются режимы работы:

Ночное снижение касается только режима отопления. Электронный регулятор температуры регулирует систему в соответствии с условиями нормального режима, только базисное заданное значение составляет 18°С. Регулирование происходит независимо от температуры наружного воздуха.

Дежурное отопление включает только водяное отопление. Оно работает в насосном режиме. Обеспечивается грубое регулирование температуры внутри вагона на 8°С. Двигатель вентилятора не работает.

Выключено. Электронный регулятор температуры остается включенным, но отключает все двоичные входы. Измерение температуры продолжается.

Сервисный ручной режим. В этом режиме регулирование не производится. Эксплуатационные состояния можно вручную устанавливать на электронном регуляторе температуры.

Вентиляция. Работает только вентилятор приточного воздуха.

Низковольтное отопление 1. Независимо от температуры воздуха в купе работают вентилятор, электрокалориферы 1 и 2 и низковольтное отопление. Включение возможно при температуре наружного воздуха > 12°С.

Низковольтное отопление 2. Независимо от температуры воздуха в купе работают вентилятор, злектрокалориферы 1 и 2 и низковольтное отопление. Включение возможно при температуре наружного воздуха > 12°С.

Высоковольтное отопление 1. Работают вентилятор, группа 1

отопления, водяной калорифер, насос отопления. Включение возможно при температуре наружного воздуха < 12°С.

Высоковольтное отопление 2. Работают вентилятор, группы 1 и 2 отопления, водяной калорифер и насос отопления. Включение возможно при температуре наружного воздуха <2°С.

Охлаждение 1. Управление вентилятором и винтовым компрессором частотой f = 30 Гц, работает половина поверхности испарителя. Работа возможна только при температуре наружного воздуха >14°С, температура приточного воздуха должна быть не ниже 5°С.

Охлаждение 2. Так же как охлаждение 1, но винтовой компрессор управляется с частотой f = 45 Гц, действует полная поверхность испарителя.

Охлаждение 3. Так же как и охлаждение 2, однако, частота составляет 65 Гц.

Аварийный ручной режим. При неисправности электронного регулятора температуры управление установкой кондиционирования обеспечивается следующими аварийными ручными выключателями на панели диагностики распределительного шкафа:

— *3S11* (363) Вентиляция. Через *3K5* (364) включен только вентилятор *4A2M3*;

— *3S5* (358) Охлаждение. Включаются холодильный агрегат и вентилятор, напряжение управления 5,3 В, обеспечиваемое блоком *3A5* (312–315), соответствует частоте тока 50 Гц, значит, установка работает на ступени охлаждения 2;

— *3S12* (369) Высоковольтное отопление, группа 1;

— *3S13* (373) Высоковольтное отопление, группа 2;

— *3S14* (387) Насос отопления;

— *3S4* (368) Аварийный выключатель высоковольтного отопления шунтирует выключатель недостатка воды *3B25* (370) и реле температуры *3B26* (382).

Электронный регулятор температуры получает обратные сигналы от всех включенных ручных аварийных выключателей. При восстановлении нормального режима (автоматики) обязательно выключить ручные аварийные выключатели, так как иначе блокируется автоматическое регулирование температуры электронным регулятором.

Аварийным ручным режимом следует пользоваться только кратковременно в исключительных случаях и при испытаниях,

так как при этом необходимо постоянное наблюдение за работой во избежание повреждений.

Особенно важно следить за тем, чтобы холодильная установка не включалась при температуре наружного воздуха ниже +15°С.

9.5.5. Приборы бытовых потребителей

Вызывная установка служит для вызова проводников к торцевым дверям вагона. Она готова к эксплуатации, если главный выключатель установки *2S2* находится в одном из трех эксплуатационных положений. Если нажимают на кнопку *5S7* (501) тормозного конца вагона или кнопку *5S8* (503) нетормозного конца, то на щите распределительного шкафа зажигается соответственно светодиод *5H6* (501) или *5H8* (503) и включается пьезоэлектрический зуммер *5H10* (502). Сигнализация будет работать до тех пор, пока не отпустят кнопку. Вызывная установка готова к эксплуатации также и в том случае, если выключатель *1S3* (150) находится в положении «Прием магистрали».

Система контроля нагрева букс служит для выявления греющихся буксовых подшипников. Устройство включено, если главный выключатель установки *2S2* находится в одном из трех эксплуатационных положений. Включение производится с помощью реле *5K5* (508). Это реле включено последовательно со всеми датчиками температуры осевых букс. При слишком сильном нагреве одного из подшипников в соответствующем температурном датчике расплавляется плавкая полоса, напряжение с реле *5K5* (508) снимается. Вследствие этого контакты реле *5K5* (505 и 506) замыкают цепь питания пьезоэлектрического зуммера *5H12* (505) и светодиода *5H11* (506), сигнализируя о неисправности. Для восстановления работоспособности устройства после выявления греющегося подшипника необходимо заменить соответствующий температурный датчик новым и подключить его в зажимной коробке на раме тележки. Для проверки работоспособности устройства имеется кнопка *5S11* (509). При нажатии этой кнопки реле *5K5* (508) выключается, включая пьезоэлектрический зуммер *5H12* (505) и светодиод *5H11* (506), если устройство работоспособно. СКНБ готова к эксплуатации также при положении «Прием из магистрали» выключателя *1S3* (150).

Охладитель питьевой воды. В охладителе питьевой воды, вода, поступающая из кипятильника, в течение 3 ч охлаждается

с 60°С до 13–17°С. Включение и выключение осуществляются выключателем 584(513). Через контакт выключателя *5S4* (513) включается цепь управления охладителем питьевой воды с термостатом *5B1* (513). Термостат *5B1* (513) в зависимости от температуры воды включает и выключает контактор *5Q3* (513). Температуру можно регулировать в пределах от 12 до 20°С.

Термореле *5F17* (515) отрегулировано в соответствии с номинальным током двигателя *5M2* (3,6 А) и производит автоматическое отключение в случае перегрузки. При срабатывании электронной защиты от минимального напряжения менее 93 В охладитель питьевой воды отключается контактом *1Q2* (513).

Холодильник *5A2* включается и выключается выключателем *5S1* (517). Через контакт выключателя *5S1* (517) включается цепь управления холодильником с контактором *5Q1* (517), а через его контакты *5Q1* (519) холодильнику *5A2* подается напряжение. Холодильник работает также при питании из аварийной магистрали, но отключается устройством защиты от минимального напряжения менее 87 В.

Насос пожаротушения *5M3* (520) служит для перекачки воды из водяных баков в систему пожарного водоснабжения. Насос установлен в котельной и включается автоматическим выключателем *5F11* (520) или *5F12* (521) в боковом коридоре, рядом с купе II или VII. Насос пожаротушения подключен непосредственно к аккумуляторной батарее через предохранители *1A5F2* и *5A5F3* (520), установленные в ящике предохранителей под вагоном. Таким образом, он включается независимо от главного выключателя установки.

Кипятильник. В кипятильнике *5E5* (524) приготавливается кипяток для напитков и т.д. Кроме того, кипяченая вода из кипятильника подается в охладитель питьевой воды и там охлаждается. Перед включением кипятильника необходимо установить избирательный выключатель *5S9* (527) в положение «кипятильник». Включение и выключение осуществляются выключателем *5S5* (522) через контактор *5Q4* (522). Включенное состояние кипятильника сигнализируется светодиодом *5H3* (525). При работе системы электроснабжения в батарейном режиме кипятильник отключается контактом *1K1* (527) реле движения – стоянки.

Микроволновая печь *5E4* (531) служит для подогрева еды. Перед включением микроволновой печи установить избирательный выключатель *5S9* (527) в положение «Микроволновая печь». Включение и выключение осуществляются выключателем *5S10*

(527) через контактор *5Q5* (521). Включенное состояние сигнализируется светодиодом *5H1* (529). При работе системы электроснабжения в батарейном режиме микроволновая печь отключается контактом *1K1* (527) реле движения – стоянки.

Преобразователь постоянного тока в переменный *5A1* (536) служит для питания электродвигателя насоса питьевой воды *5M1* (537), вентилятора микроволновой печи *5M47* (538), обеззараживателя воды *5A3* (538а) и штепсельных розеток для электробритв *5X1* (539). Выходное напряжение преобразователя 220 В, 50 Гц, мощность 200 ВА.

Включение преобразователя производится выключателем *5S2* (532). Контактор *5Q2* (532) включается и своими контактами в цепи *536* включает преобразователь. Включенное состояние сигнализируется светодиодом *5H2* (535). При одновременном подключении к преобразователю нескольких потребителей необходимо следить за тем, чтобы общая мощность не превышала 200 Вт.

Насос питьевой воды служит для перекачки питьевой воды из кипятильника в водоохладитель. Двигатель насоса *5M1* (537) питается напряжением 220 В, 50 Гц от преобразователя *5A1* (536). Кратковременное включение осуществляется кнопкой *5S3* (537) на щите распределительного шкафа.

Вентилятор *5M4* (538), установленный в служебном купе над микроволновой печью, включается контактом контактора *5Q5* (538) в момент включения печи, если преобразователь «пост./пер.» тока *5A1* работает.

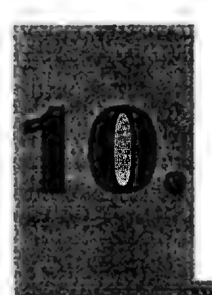
Из штепсельных розеток *5X1* (539) две находятся в боковом коридоре, одна в туалете 1 и одна в малом коридоре 1. Они предназначены для подключения электробритв. Розетки готовы к работе, если тумблер *5S14* (539) на щите распределительного шкафа включен и преобразователь «пост./пер.» тока *5A1* работает.

Водоподогреватели. Для подогрева воды в туалетах имеются два водоподогревателя *5E1* (542) для туалета 1 и *5E2* (547) для туалета 2. Они включаются тумблерами *5S12* (541) и *5S13* (546) на щите распределительного шкафа соответственно контакторами *5Q6* (540) и *5Q7* (545). Каждый водоподогреватель имеет два термореле *5B2* (540) и *5B3* (541), *5B4* (545) и *5B5* (546), которые при включенном водоподогревателе обеспечивают поддержание температуры воды в пределах 60–80°С. Работа водоподогревателей сигнализируется светодиодами *5H4* (543) и *5H5* (548). Кон-

такт *1K1* (541) реле движения – стоянки допускает работу водоподогревателей только в режиме движения вагона.

Система пожарной сигнализации служит для своевременного автоматического выявления признаков пожара с целью предотвращения материального ущерба и человеческих жертв. Система состоит из централи *5A10* (550), находящейся в служебном купе, и различных сигнализаторов (ионизационных и комбинированных) *5B11* (551) – *5B23* (555), установленных в купе, в котельной и над распределительным шкафом. В случае срабатывания одного из сигнализаторов включается звуковая и световая сигнализация тревоги.

Обеззараживатель воды *5A3* (538а) служит для дезинфекции питьевой воды. Он включается тумблером *5S6* (538а) на щите распределительного шкафа, если преобразователь «пост./пер.» тока *5A1* включен.



10. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РЕФРИЖЕРАТОРНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

10.1. Электрические схемы 5-вагонной секции немецкой постройки

10.1.1. Принципиальная электрическая схема

В качестве источников трехфазного тока на секциях *ZB-5* (рис. 10.1) применяют два основных синхронных генератора *2G1*, *2G2* мощностью по 97 кВ·А и один вспомогательный *2G3* мощностью 19 кВ·А, каждый из которых работает на свои изолированные друг от друга силовые шины. Генератор *2G1* питает током силовую магистраль (через контактор *2U2Q1*), а от нее — потребители грузовых вагонов № 1, № 2; генератор *2G2* — силовую магистраль *13R, S, T* (через контактор *2U2Q2*), а от нее — потребители грузовых вагонов № 3, № 4; генератор *2G3* питает током (через контактор *2U2Q6*) вспомогательные шины *14R, S, T* и от них группу вспомогательных потребителей. Вспомогательные шины могут подключаться к силовым магистралям основных генераторов (через контакторы *2U2Q4* и *2U2Q5*), когда на них нет напряжения. Силовые магистрали основных генераторов могут соединяться между собой контактором *2U2Q3*, однако в этом случае один из основных генераторов должен быть отключен, так как их параллельная работа не предусмотрена.

В цепи основных генераторов имеются трансформаторы тока (*2U2T1*, *2U2T2*), амперметры (*2U2P1*, *2U2P4*), максимальная (*2U2F1.1–F1.3*, *2U2F7.1–F7.3*) и тепловая (*2U2F72.1–F72.3*, *2U2F73.1–F73.3*) защита. От шин генератора *2G1* (*2G2*) через предохранители *2U2F2* (*2U2F8*) питаются током электродвигатели

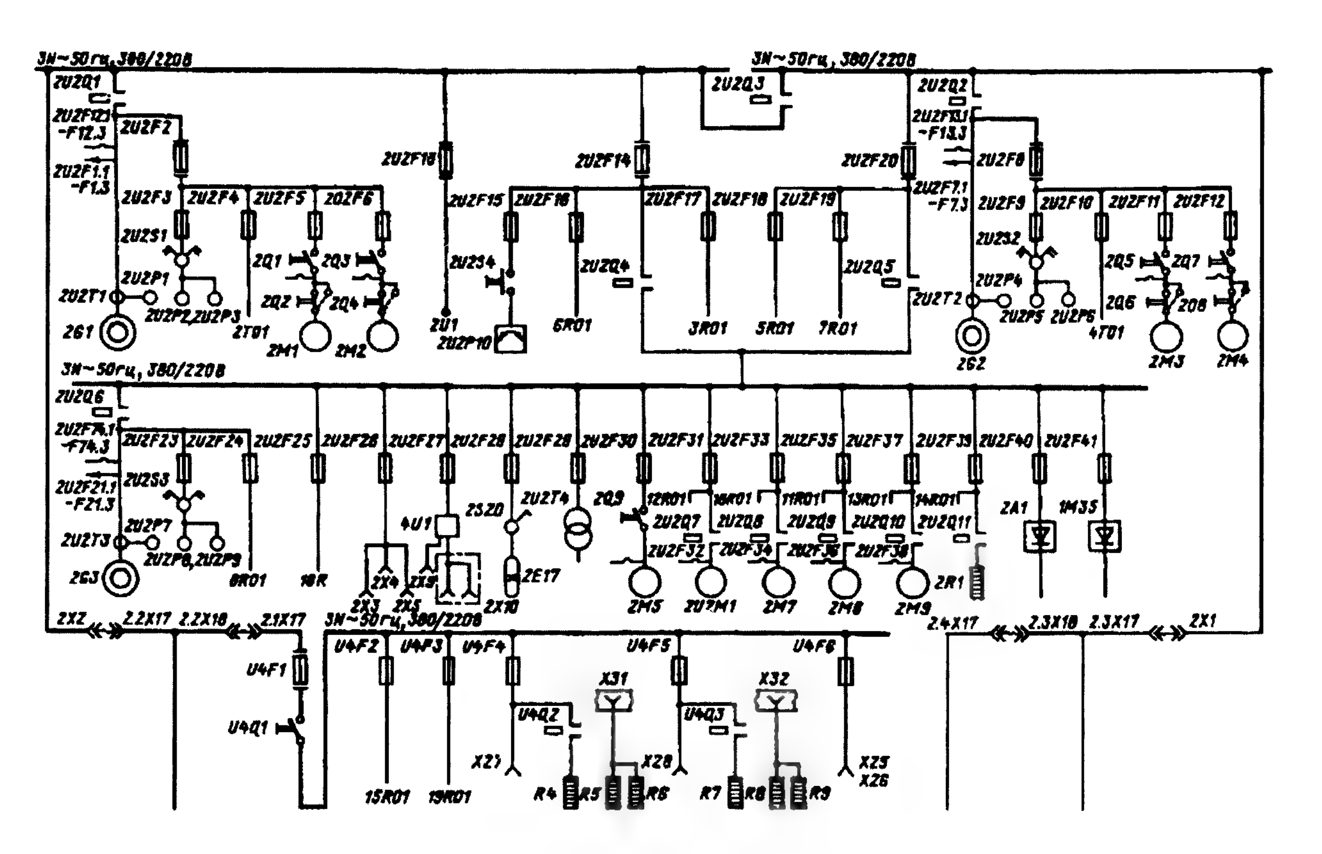


Рис. 10.1. Однолинейная схема энергоснабжения 5 в.с. ZB-5

2M1, 2M2 (*2M3, 2M4*) охладителей дизелей, а через предохранители *2U2F4* (*2U2F8*) — цепи управления $2T_{01}$ ($4T_{01}$), управления генератором *2G1* (*2G2*). Напряжение и частота тока, вырабатываемые генератором *2G1* (*2G2*), измеряются вольтметром *2U2P2* (*2U2P5*) и частотомером *2U2P3* (2U2P6), подключаемыми переключателем *2U2S1* (*2U2S2*) и защищенными предохранителями *2U2F3* (2U2F9). В цепи электродвигателей *2M1, 2M2* (*2M3, 2M4*) имеются предохранители *2U2F5, 2U2F6* (*2U2F11, 2U2F12*), выключатели *2Q1, 2Q3* (*2Q5, 2Q7*), а также переключатели *2Q2, 2Q4* (*2Q6, 2Q8*), позволяющие изменять направление вращения электродвигателей.

На силовую магистраль генератора *2G1* от внешнего источника может подаваться трехфазный ток через приемное устройство *2U1* и предохранители *2U2F13*. Порядок чередования фаз при этом проверяется по фазоуказателю *2U2P10*, подключаемому с помощью выключателя *2U2S4* (через предохранители *2U2P15*). К промежуточной сборке силовой магистрали генератора *2G1* (*2G2*), защищенной предохранителями *2U2F14* (*2U2F20*) и предохранителями *2U2F16, 2U2F17* (*2U2F18, 2U2F19*) подключены цепи управления $6R_{01}$, $3R_{01}$, ($5R_{01}$, $7R_{01}$).

Вспомогательный генератор в своей цепи также имеет трансформатор тока *2U2T3* с амперметром *2U2P7*, максимальную *2U2F21.1–F21.3* и тепловую *2U2F74.1–74.3* защиту.

Напряжение и частота у вспомогательного генератора *2G3* измеряются вольтметром *2U2P8* и частотомером *2U2P9*, подключаемыми переключателем *2U2S3* через предохранители *2U2F23*. От этой же сборки питаются цепи управления $8R_{01}$ вспомогательного генератора *2G3*, защищенные предохранителями *2U2F24*.

К вспомогательным шинам подключены: цепь зарядки *16R* аккумуляторной батареи 12 В (через предохранители *2U2F27*), розетки *2X3–2X5* (через предохранители *2U2F26*), розетки радиоприемника *2X9* и телевизора *2X10* (через предохранители *2U2F27* и соединение *4U1*), люминесцентное освещение *2E7* (через предохранители *2U2F28*, выключатель *2S20*), трансформатор *2U2T4* напряжением 380/52 В (через предохранители *2U2F29*), электродвигатель *2M5* топливного насоса (через предохранители *2U2F30* и выключатель *2Q9*), электродвигатели вентиляторов распределительного щита *2U2M1*, служебного отделения *2M7*, дизельного отделения *2M8* (через предохранители *2U2F31*,

2U2F33, 2U2F35 и контакторы *2U2F7–2U2F9*, управляемые током от проводов $12R_{01}$, $18R_{01}$,$11R_{01}$), электродвигатель *2M9* воздушного компрессора (через предохранители *2U2F37* и контактор *2U2Q10*, управляемый током от провода $13R_{01}$), электрокалорифер *2R1* бойлера (через предохранители *2U2F39* и контактор *2U2Q11*, управляемые током с провода $14R_{01}$), выпрямители бортовой сети *2A1* и буферного зарядного устройства *1M35* (через предохранители *2U2F40, 2U2F41*).

Силовые магистрали между вагоном-дизель-электростанцией и грузовыми вагонами соединены кабелем и двойными разъемами *2X2–2.2X17, 2X1–2.3X17, 2.2X18–2.1X17* и *2.3X18–2.4X17*. Цепи управления соединяются кабелями из 34 проводов. В грузовых вагонах к силовой магистрали через предохранители *U4F1* и выключатель *U4Q1* подключены силовые шины вагона, от которых получают питание: цепи управления от проводов $15R_{01}$, $19R_{01}$ (через предохранители *U4F2, U4F3*), разъемы *X27, X28* холодильно-нагревательных установок № 1 и № 2 (через предохранители *U4F4, U4F5*), нагревательные элементы дополнительного электроотопления *R4, R7* (через контакторы *U4Q2, U4Q3*), розетки *X25, X26* (через предохранители *U4F6*), а также разъемы *X31, X32* нагревательных элементов *R5, R6* и *R7, R8* поддонов воздухоохладителей.

Принципиальная схема соединения основных генераторов *2G1, 2G2* (генератор *2G2* на схеме не показан), вспомогательного генератора *2G3* и соответствующих шин приведена на рис. 10.2.

Вспомогательный генератор *2G3* имеет регулирующий реостат *2U2R1*, подключенный к зажимам *A, C*.

Большая часть распределительных устройств размещена в главном распределительном щите (*2U2*) вагона-дизель-электростанции. Здесь же расположены приборы, при помощи которых подзаряжают батареи накаливания основных дизелей и стартерные аккумуляторные батареи вспомогательного дизеля (от осевого генератора мощностью 4,9 кВт или от сети трехфазного тока через выпрямитель). Каждый основной дизель имеет аварийную сигнализацию, останавливающую дизель при возникновении аварийных режимов и включающую при этом сигнальные сирены.

Все потребители секции, в том числе питающиеся электроэнергией от вспомогательного генератора, могут работать от посторонней трехфазной сети. Кроме синхронных генераторов, в вагоне-дизель-электростанции имеются подвагонный генератор по-

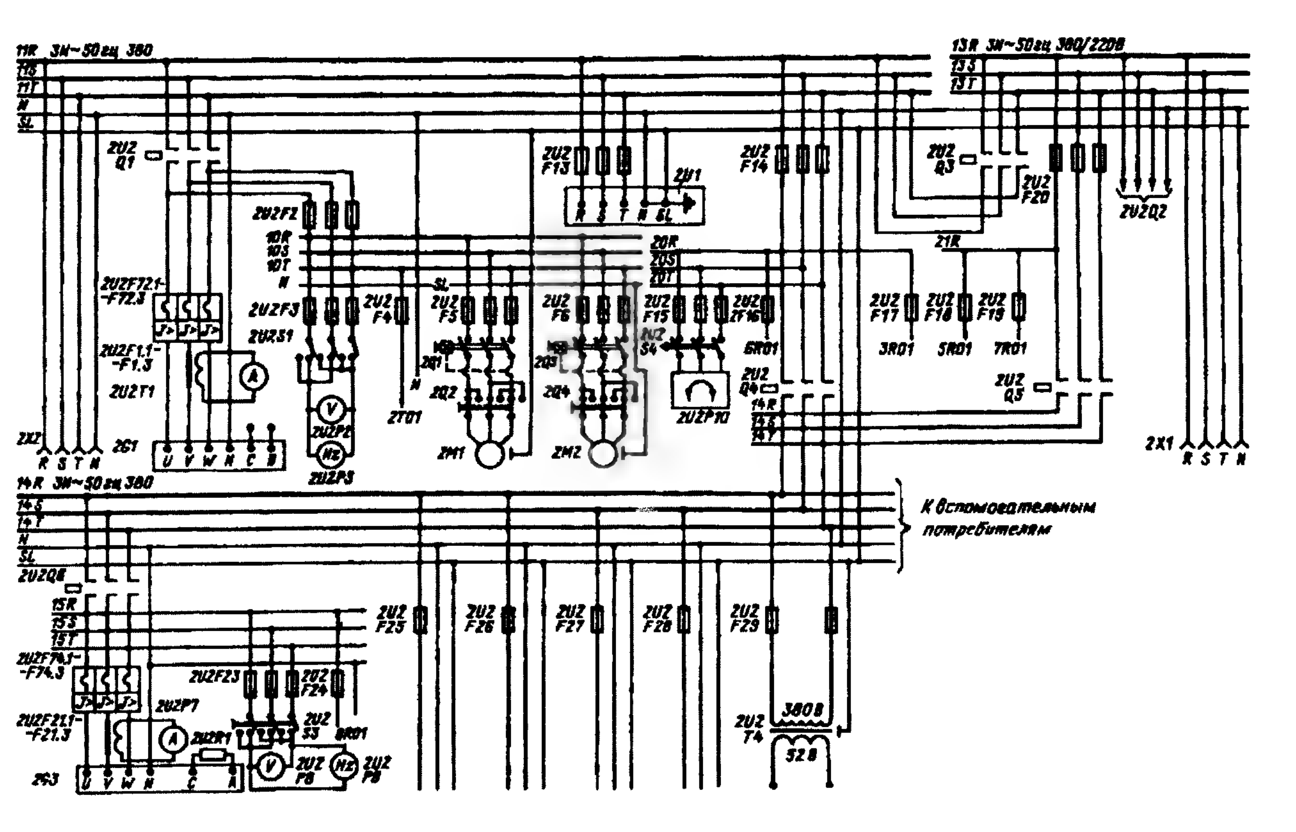


Рис. 10.2. Принципиальная схема соединения шин трехфазных генераторов

стоянного тока и аккумуляторная батарея (напряжением 52 В и емкостью 36 А·ч), питающая цепи освещения при стоянке секции.

Схемы управления и защиты основных генераторов одинаковы, однако питание цепей управления контактора *2U2Q1* (рис. 10.3) для генераторов *2G1* осуществляется от провода $2R_{01}$, а контактора *2U2Q2* для генератора *2G2* — от провода $4R_{01}$. Кроме того, цепи управления этих контакторов имеют разные блокировочные контакты, исключающие включение на одни шины двух трехфазовых генераторов. Управление контактором *2U2Q1* первого генератора осуществляется кнопками *2U2S6* и *2U2S5*. Сигнализация о включенном (выключенном) состоянии контактора *2U2Q1* осуществляется сигнальными лампами *2U2S6* (*2U2S5*), встроенными в соответствующие кнопки.

Концевые включатели *2S2*, *2S3* щита подключения к постороннему источнику тока предотвращают включения контактора *2U2Q1* при питании потребителей током со стороны. Кроме того, в цепи катушки контактора *2U2Q1* включены размыкающие контакты блокировочного переключателя *2U2S7*. Переключатель *2U2S7* имеет два положения «Работа от генераторов» и «Посторонняя сеть».

В цепи питания катушки контактора *2U2Q1* включены также размыкающиеся контакты *1P21K1* стоп-установки первого дизеля, три контакта *2U2F12.1–F72.3* расцепителя максимального тока, контакты *1U2K1* электронного автомата защиты генератора от перегрева обмоток, а также размыкающие блокировочные контакты контакторов *2U2Q4* (соединение шин первого генератора со вспомогательными шинами) и *2U2Q3* (соединение шин первого и второго генераторов).

Контактор *2U2Q1* включается кнопкой *2U2S6*. При срабатывании контактора первый генератор подключается на первые главные шины *11R, S, T*. Одновременно замкнувшимся блокировочным контактом он становится на самоподхват, а разомкнувшимся контактом отключает сигнальную лампу *2U2S5*.

Реле *2U2K3* тепловой защиты обмоток генератора работает совместно с тремя последовательно соединенными датчиками *2G1R1*, которые непосредственно контролируют температуру каждой фазы силовых обмоток генератора.

Контактор *2U2Q3* обеспечивает соединение первых (*11R, S, T*) и вторых (13*R, S, T*) главных шин. Включение контактора осуществляется кнопкой *2U2S14*, а выключение — кнопкой *2U2S13*;

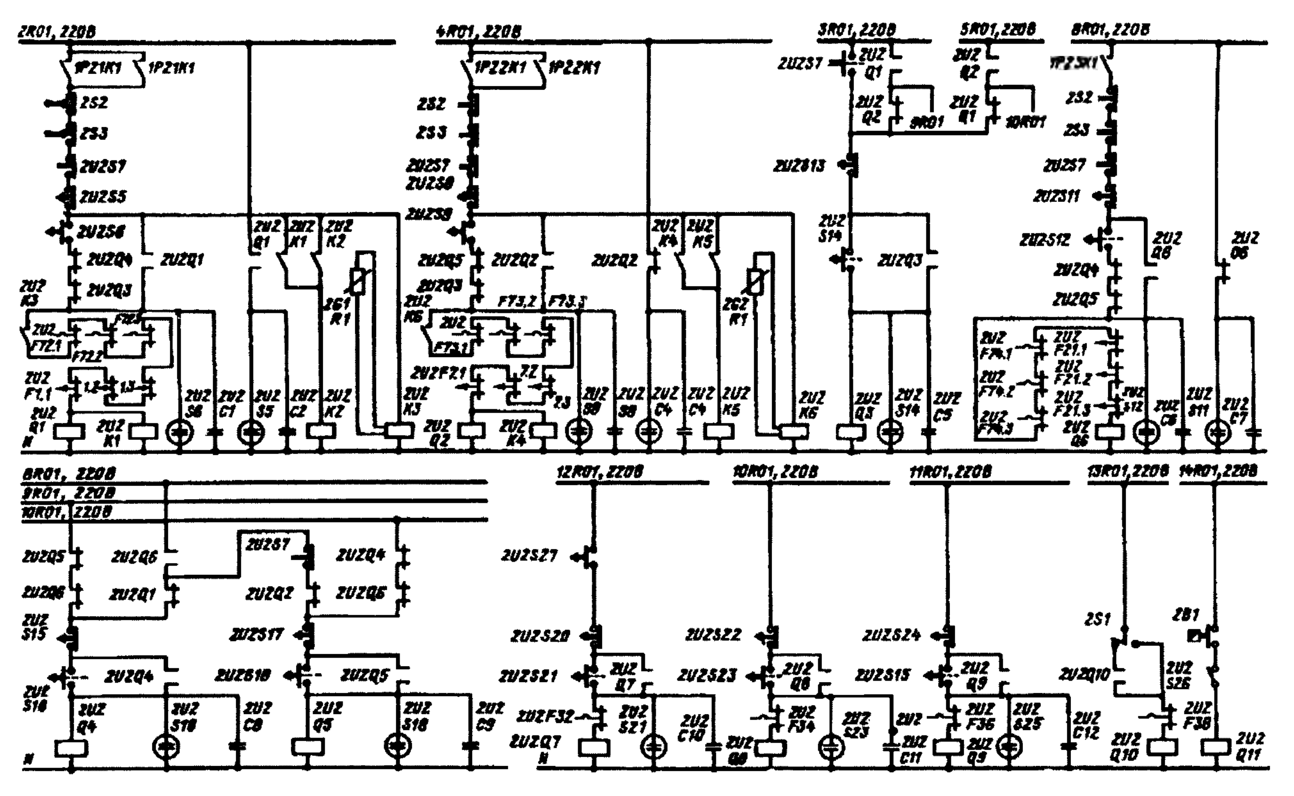


Рис. 10.3. Схема управления контакторами генераторов и соединительными контакторами

о включенном положении контактора сигнализирует лампа, встроенная в кнопку *2U2S14*.

Условием включения контактора является наличие напряжения только на одних главных шинах, а следовательно, и на одном из проводов фаз управления: на проводе $3R_{01}$ (генератор *2G1* работает на свои шины и его контактор *2U2Q1* включен) или на проводе $5R_{01}$ (генератор *2G2* работает на вторые главные шины и его контактор *2U2Q2* включен).

В первом случае напряжение на катушку контактора *2U2Q3* будет подаваться с фазы $3R_{01}$ через замкнувшиеся контакты *2U2Q1*, замкнутые контакты *2U2Q2*, замкнутые контакты кнопки *2U2S13*, замкнувшиеся контакты кнопки *2U2S14*, катушку *2U2Q3*. Во втором случае напряжение на катушку *2U2Q3* будет подано с фазы $5R_{01}$ через замкнувшиеся контакты *2U2Q2* и нормально замкнутые контакты *2U2Q1*. При питании секции от постороннего источника напряжение на катушку контактора *2U2Q3* будет подаваться с фазы $3R_{01}$ через замкнутые контакты блокировочного переключателя *2U2S7*. Переключатель должен находиться в положении «Посторонняя сеть».

При срабатывании контактора *2U2Q3* размыкаются его блокировочные контакты в цепях катушек контакторов *2U2Q1* и *2U2Q2*. Если при этом был включен, например, контактор *2U2Q1*, т.е. от первого генератора запитаны первые и вторые главные шины, то контактор *2U2Q2* включать нельзя, так как цепь питания его катушки разомкнута контактами контактора *2U2Q3*, и наоборот.

Контактор *2U2Q6* вспомогательного генератора включается кнопкой *2U2S12*, имеющей встроенную сигнальную лампу. Выключается контактор кнопочным выключателем *2U2S11*. При этом сигнальная лампа, встроенная в этот выключатель, сигнализирует об отключении контактора.

В цепи катушки контактора *2U2Q6* включены три размыкающиеся контакты стоп-установки дизеля, размыкающиеся контакты концевых выключателей *2S2*, *2S3*, размыкающиеся контакты блокировочного выключателя *2U2S7*, три размыкающихся контакта *2U2F74.1–F74.3* теплового реле, три контакта *2U2F21.1–F21.3* расцепителя максимального тока, а также размыкающие блокировочные контакты контакторов *2U2Q4* и *2U2Q5*.

Соединительным контактором *2U2Q4* осуществляется соединение вспомогательных шин *14R, S, T* с шинами *11R, S, T* пер-

вого генератора, а контактором *2U2Q5* — вспомогательных шин с шинами *13R, S, T* второго генератора. Включение и выключение контакторов *2U2Q4* и *2U2Q5* осуществляется кнопочными выключателями *2U2S15–2U2S18.* Кнопки включения *2U2S16* и *2U2S18* имеют одноименные сигнальные лампы. Включить соединительные контакторы *2U2Q4* и *2U2Q5* можно только при условии, что напряжение будет только на одних шинах.

Если работает генератор *2G3*, то на проводе $8R_{01}$ имеется напряжение 220 В. После включения контактора *2U2Q6* напряжение подается на вспомогательные шины *14R, S, T* и его можно подать в силовую магистраль *11R, S, T* первого генератора или на силовую магистраль *13R, S, T* второго генератора. Для подключения вспомогательных шин к шинам первого генератора нажимают кнопку *2U2S16*. При этом напряжение с провода $8R_{01}$ через замкнувшиеся блокировочные контакты *2U2Q6*, нормально замкнутые контакты *2U2Q1* (генератор *2G1* отключен), замкнутые контакты кнопки *2U2S15* подается на катушку контактора *2U2Q4*, который становится в положение самоблокировки. Если отключен контактор *2U2Q2* (не работает генератор *2G2*), можно нажатием кнопки *2U2S18* включить и контактор *2U2Q5*, т.е. подать напряжение с вспомогательных шин на силовую линию генератора *2G2*.

Схема управления контакторами *2U2Q4* и *2U2Q5* позволяет подать напряжение с силовых линий любого генератора на вспомогательные шины, если они отключены от генератора *2G3* (выключен контактор *2U2Q6*). С провода $9R_{01}$ питание подается на катушку контактора *2U2Q4* при выключенных контакторах *2U2Q5* и *2U2Q6*; подан ток от генератора *2G1* на вспомогательные шины; с провода $10R_{01}$ подается питание на катушку контактора *2U2Q5* при выключенных контакторах *2U2Q4* и *2U2Q6*, подан ток от генератора *2G2* на вспомогательные шины.

Переключатель *2U2S7* в цепи управления контакторами *2U2Q4*, *2U2Q6* исключает возможность параллельного включения постороннего источника тока и генераторов секции.

Контакторы электродвигателей вентиляторов распределительного щита (*2U2Q7*), служебного отделения (*2U2Q8*) и дизельного отделения (*2U2Q9*) управляются кнопочными выключателями *2U2S20–2U2S25*, выключатели *2U2S21*, *2U2S23* и *2U2S25* имеют сигнальные лампы. Для включения вентилятора распределительного щита необходимо, чтобы выключатель *2U2S27* находился

в замкнутом положении (закрыта дверка щита). Питание на катушки контакторов подается с проводов (*$12R_{01}$*, *$10R_{01}$*, *$11R_{01}$*), подключенных к фазе *R* вспомогательных шин.

Контактор воздушного компрессора *2U2Q10* управляется пакетным переключателем *2S1*. Питание на катушку контактора подается с провода *$13R_{01}$*. Контактор бойлерной *2U2Q11* включается выключателем *2U2S26*. Питание на катушку контактора подается с провода *$14R_{01}$*. От перегрева воды в цепи питания предусмотрен термостат *2B1*, отключающий контактор *2U2Q11*.

10.1.2. Схемы холодильно-нагревательных установок и цепей их управления

Электроэнергия, необходимая для работы холодильно-нагревательных установок, подается в грузовые вагоны по силовой линии, представляющей собой четырехжильный кабель, соединенный между грузовыми вагонами двойными штепсельными разъемами. От этого кабеля в каждом грузовом вагоне имеется силовой провод к распределительному щиту управления. Между шинами грузового вагона *22R, S, T* (рис. 10.4) и групповой розеткой *X17* на торцовой стене вагона имеются предохранители *U4F1* и пакетный выключатель *U4Q1*. От шин *22R, S, T* трехфазный ток подается: к холодильно-нагревательной установке 1(2) через разъем *X27* (*X28*) и предохранители *U4F4* (*U4F5*), допол-

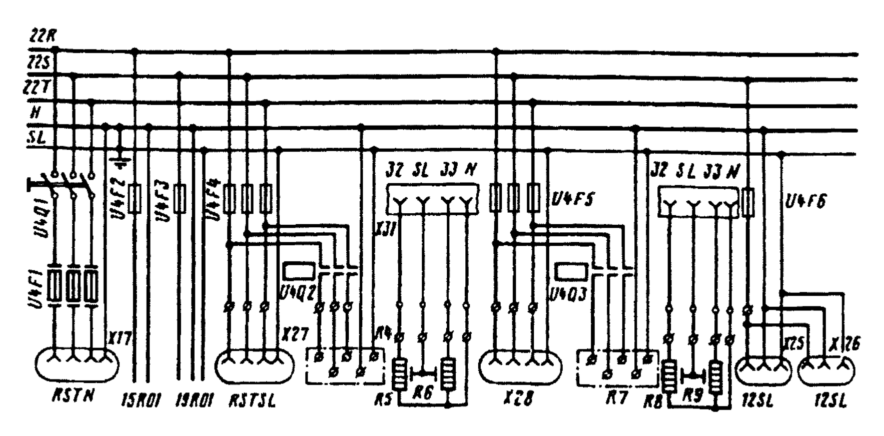


Рис. 10.4. Схема подключения потребителей к шинам грузового вагона

нительному электроотоплению *R4* (*R7*) (6 кВт) с помощью контактора *U4Q2* (*U4Q3*). От этих шин через предохранители *U4F2*, *U4F3* и провода $15R_{01}$, $19R_{01}$ подается питание в цепи управления и защиты холодильно-нагревательными установками 1 и 2. В группу потребителей холодильно-нагревательных установок входят электронагреватели *R5*, *R6* (*R8*, *R9*) поддонов испарителей. Ток к ним подается через разъемы *X31*, *X32* силовых цепей холодильно-нагревательных установок.

Каждая холодильно-нагревательная установка имеет в своем приводе (рис. 10.5) электродвигатели компрессора *3M1* (мощностью 7,5 кВт), вентиляторов воздухоохладителя *3M2, 3M3* (мощностью по 0,45 кВт), вентиляторов конденсатора *3M4, 3M5* (мощностью по 0,9 кВт) и электропечь *3R1* (мощностью 6 кВт). В цепи этих потребителей имеются управляющие контакторы *Q2, Q4–Q8*. Электроподогреватели поддона испарителя включаются контактором *Q3*, от которого ток подается к разъему *X31*. Провод R_{01} используется в цепях управления холодильно-нагревательной установки.

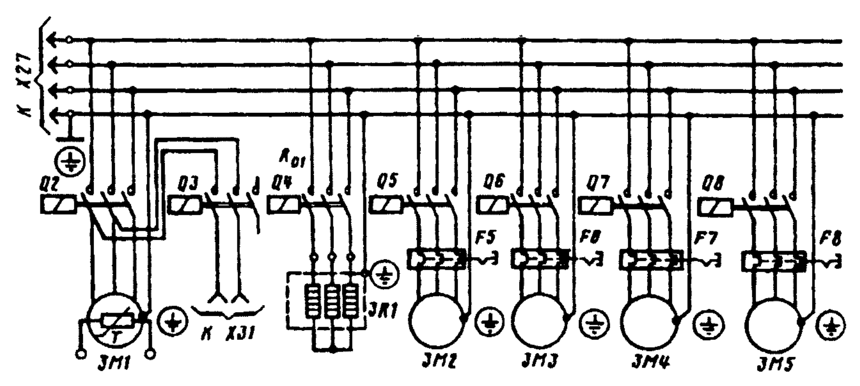


Рис. 10.5. Схема силовых цепей холодильно-нагревательной установки

Управление режима работы установки осуществляется с помощью схемы, приведенной на рис. 10.6. Цепи управления соединяются с общей схемой 36-полюсным разъемом *X2*. Перед пуском установки необходимо включить выключатель *Q1*.

В режиме охлаждения команда на включение установки (напряжение 220 В) подается через контакт *X2/1* разъема *X2*. Сра-

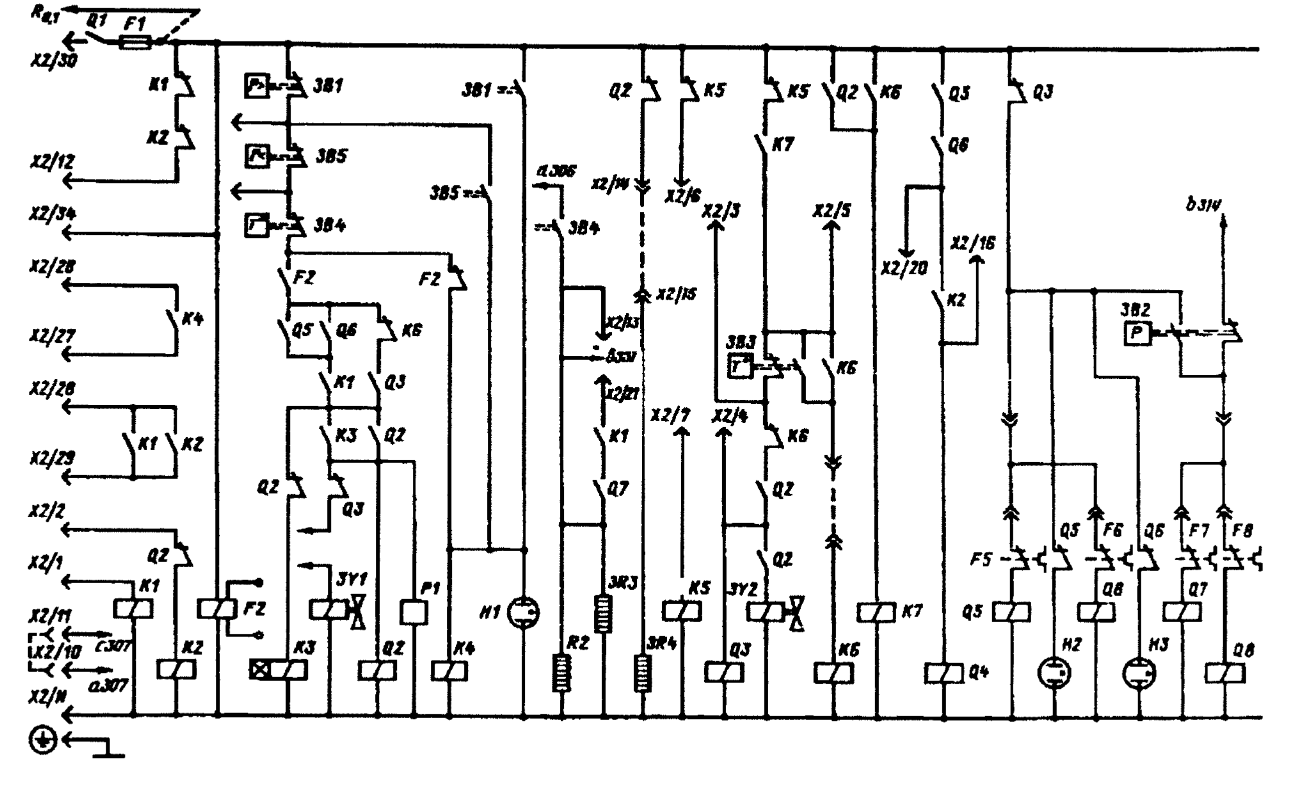


Рис. 10.6. Схема цепей управления холодильно-нагревательной установки

батывает реле *K1*, а через него — реле времени *K3*, цепь питания которого проходит через замкнутые контакты реле максимального *3B1* и минимального *3B5* давления, термостата *3B4*, замкнутые контакты реле *F2*, замыкающие контакты контакторов *Q5*, *Q6*, замкнутые контакты реле *K1* и замкнутые блокировочные контакты контактора *Q2*. Через 6 мин срабатывает реле времени *K3* и своим замкнувшимся контактом включает контактор *Q2* электродвигателя компрессора, который остается включенным, хотя реле времени *K3* выключилось через размыкающие блокировочные контакты контактора *Q2*.

Одновременно с пуском компрессора на трубопроводе подачи жидкого хладона в испаритель открывается магнитный вентиль *3Y1*, а также включается счетчик *P1* моточасов работы компрессора. Нагревательный элемент масляной ванны компрессора *3R4* отключается блокировочными контактами контактора *Q2*. Электродвигатели вентиляторов конденсаторов включаются контакторами *Q7*, *Q8*, когда давление на прессостате *3B2* станет выше 1,0 МПа.

В случае перегрева обмотки электродвигателя компрессора срабатывает реле *F2*, которое выключает контактор *Q2* электродвигателя компрессора. Этот контактор выключается также при чрезмерном давлении в конденсаторе (реле давления *3B1*), слишком низком давлении в испарителе (реле давления *3B5*). Термостат *3B4* предотвращает возможность пуска компрессора при температуре ниже –20°С, замеряемой в масляной ванне компрессора, а также включает второй нагревательный элемент *R2* масляной ванны, подогреватель *3R3* распределительного щита и контакторы *Q7* и *Q8* электродвигателей вентиляторов конденсатора. Одновременно напряжение будет подано на катушку контактора *U4Q2* дополнительного электроотопления.

В режиме «Отопление» напряжение управления подается на контакт *X2/2* разъема *X2*. При работающих вентиляторах испарителя (включены контакторы *Q5*, *Q6*) контакты реле *K2* включает контактор *Q4* и начинает работать электроотопление. В случае срабатывания тепловой защиты *F5*, *F6* электродвигателей вентиляторов испарителей контакторы *Q5*, *Q6* выключаются и зажигаются сигнальные лампы *H2*, *H3*.

Оттаивание «снеговой шубы» на воздухоохладителе происходит автоматически через каждые 11 ч работы компрессора с помощью реле времени *K7*. Катушка реле получает питание од-

новременно с включением контактора *Q2* компрессора и спустя 11 ч через замкнутые размыкающие контакты реле *К5*, термостата *3В3*, реле *К6* и замкнутые блокировочные контакты контактора *Q2*, а также на соленоидный вентиль *3Y2*, установленный на трубопроводе оттаивания горячими парами (через замыкающие блокировочные контакты контактора *Q2*).

Срабатывание контактора *Q3* вызывает выключение соленоидного вентиля *3Y1* подачи жидкого хладагента в испаритель, выключение контакторов *Q5*, *Q6* вентиляторов испарителей, включение соленоидного вентиля *3Y2*, подачу напряжения на нагревательные элементы электрообогрева поддона испарителя (см. рис. 10.5).

Программой предусмотрена длительность процесса оттаивания в течение 1 ч. После этого реле времени *К7* размыкает свой контакт, что вызывает отключение контактора *Q3*, соленоидного вентиля *3Y2*, выключение электроотопления ванны испарителя, включение соленоидного вентиля *3Y1*, контакторов *Q5*, *Q6* и, как конечный результат, восстановление работы холодильно-нагревательной установки в режиме «Охлаждение».

Процесс оттаивания может быть прерван до истечения 1 ч, предусмотренного реле времени *К7*, когда на испарителе иней оттаял, и горячие пары хладона нагрели испаритель настолько (14°С), что сработал термостат *3В3*. В этом случае контактор *Q3* и соленоидный вентиль *3Y2* выключаются, реле *К6* включается и становится в положение самоблокировки через свои замыкающие контакты. Одновременно создается дополнительная цепь питания катушки реле времени *К7*, которое дорабатывает свой цикл. Прерывается цепь питания контактора *Q2* размыкающими контактами реле *К6*. Реле времени *К7* через определенное время размыкает свои контакты, прекращая питание катушки *К6* и своей тяговой катушки. Установка переключается на режим «Охлаждение».

Вследствие того, что в вагоне установлены две *ХНУ*, то недопустимо по условиям поддержания температурного режима в грузовом помещении, чтобы одна установка работала в режиме «Оттаивание», а другая — в режиме «Охлаждение». Во избежание такого положения в схеме цепей управления *ХНУ* предусмотрена взаимная блокировка с помощью реле *К5* и дополнительных цепей разъема *Х2* (рис. 10.7). Особенность блокировки реле *К5* заключается в том, что на холодильно-нагревательной установке *ХНУ1* это реле включается через размыкаю-

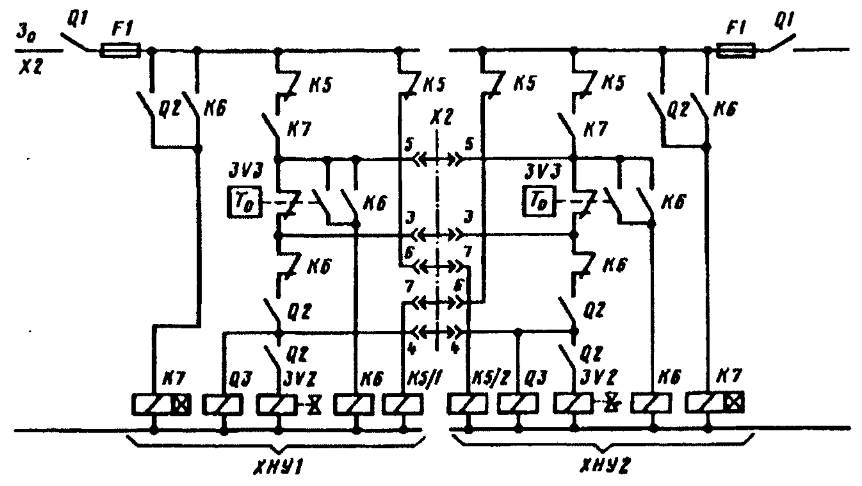


Рис. 10.7. Схема блокировки оттаивания холодильно-нагревательных установок

щие контакты реле *К5* холодильно-нагревательной установки *ХНУ2* через контакты *6*, *7* разъема *Х2*, а через размыкающие контакты реле *К5* установки *ХНУ1* получает питание цепь катушки реле *К5* установки *ХНУ2*.

Это означает, что если, например, включена *ХНУ1* (с помощью выключателя *Q1*), то напряжение с общего провода управления *30* разъема *Х2* подается через предохранитель *F1*, замкнутые размыкающие контакты реле *К5* установки *ХНУ1*, через контакты *6–7* разъема *Х2* на катушку реле (*К5/2*) второй *ХНУ2*. Следовательно, при срабатывании реле *К5 ХНУ2* его разомкнувшиеся контакты разрывают цепь питания контактора *Q3*, и тем самым исключается его дальнейшее включение с помощью его реле времени *К7* своей установки. Одновременно разрывается цепь питания реле *К5/1* со стороны установки *ХНУ2*.

При таком варианте схемы управление процессом оттаивания осуществляет *ХНУ1*, т.е. ее реле времени *К7*; а на установке *ХНУ2* принудительно — посылкой сигнала (напряжения) через контакты *4–4* разъема *Х2* установки *ХНУ1*, которые соединены с катушкой контактора *Q3* установки *ХНУ2*. Обе установки работают в режиме оттаивания.

Выключение процесса оттаивания осуществляется с помощью реле *К7* установки *ХНУ1* или термостатами *3В3* до истечения 1 ч.

Прекращение оттаивания с помощью термостатов *3B3* характерно тем, что оно срабатывает неодновременно. Поэтому необходимо, чтобы процесс оттаивания на обеих установках продолжался до срабатывания двух термостатов.

Так, если после начала оттаивания, заданного для обеих установок по команде реле времени *K7* установки *ХНУ1*, первым сработал термостат *3B3 ХНУ2*, то это не вызывает прекращения оттаивания *ХНУ2*, хотя сработало его реле *K6*. Контактор *Q3* и соленоидный вентиль *3Y2* остаются включенными, получая питание от *ХНУ1* через контакты *5–5* и *4–4* разъема *X2*, и выключаются только при срабатывании термостата *3B3* установки *ХНУ1*. Если первым сработал термостат *3B3* установки *ХНУ1*, то контактор *Q3* и соленоидный вентиль *3Y2* этой установки также остаются включенными, получая питание через те же контакты разъема *X2* от *ХНУ2* до тех пор, пока не сработает ее термостат *3B1*. Та установка, которая в таком режиме первой заканчивает оттаивание, начинает работу на охлаждение только после истечения времени, установленного на реле времени *K3* (см. рис. 10.6), другая установка может начинать работу на охлаждение сразу после срабатывания термостата *3B3*.

Реле *K4* через контакты *X2/26*, *X2/27* разъема *X2* подает соответствующий сигнал во внешнюю цепь. Через контакт *X2/10* того же разъема подается сигнал «Охлаждение», через контакт *X2/16* — сигнал «Отопление», через контакт *X2/4* — сигнал «Оттаивание», через контакт *X2/13* — сигнал –20°С, через контакты *X2/28–X2/29* — сигнал «Управление дизелем» и через контакт *X2/12* — сигнал «Управление дополнительным электроотоплением».

10.1.3. Схема управления

Холодильно-нагревательные установки имеют два режима управления: ручное (обслуживание персоналом) и автоматическое. В обоих режимах обеспечивается соответствующая сигнализация о работе установок.

Для управления из вагона-дизель-электростанции холодильно-нагревательными установками, находящимися в грузовых вагонах, используется 34-проводная линия, проходящая через все вагоны. Эта линия соединяется между грузовыми вагонами и вагоном-дизель-электростанцией двойными штепсельными разъемами (рис. 10.8) *2.1X20 – 2.2X20*, *2.2X21 – 2X16*, *2.X15 – 2.3X21*

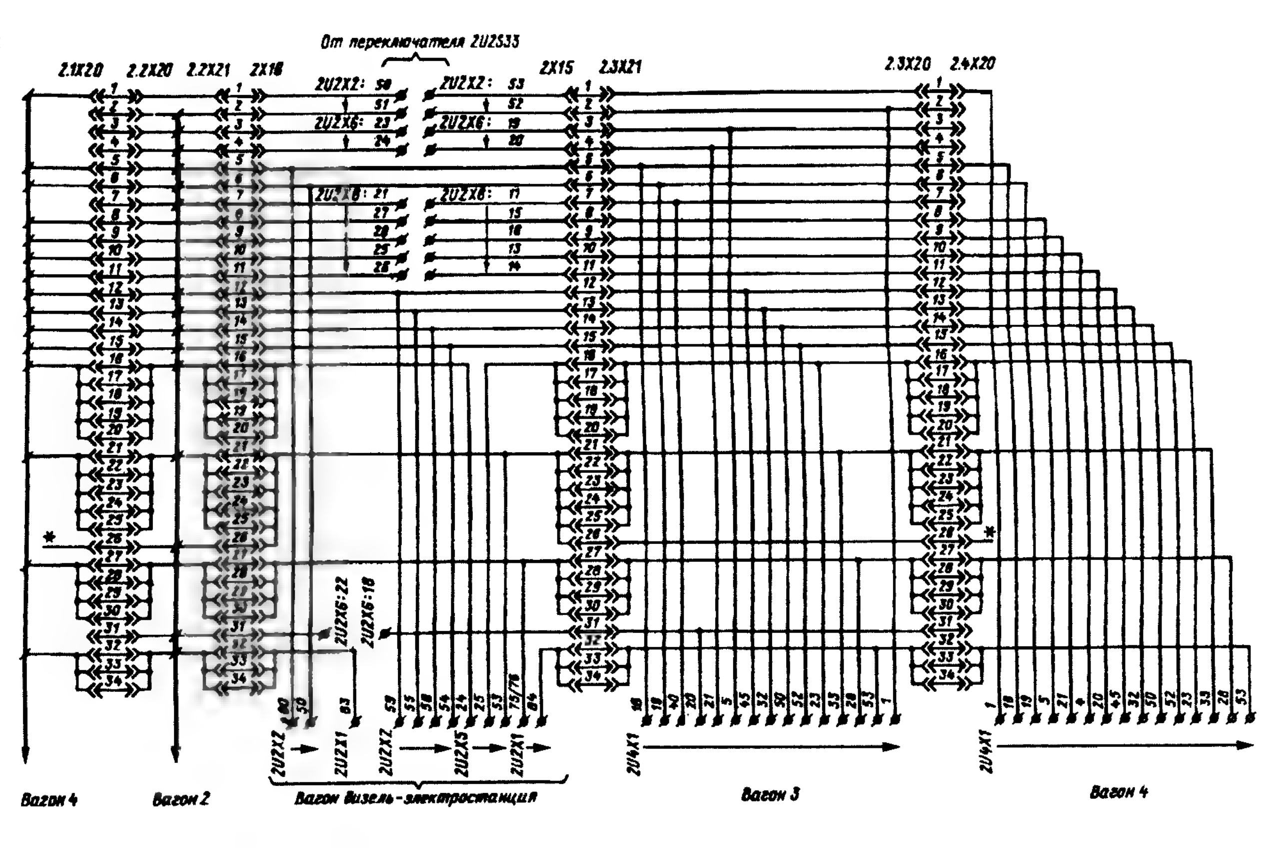


Рис. 10.8. Схема проводов линии управления холодильно-нагревательными установками

и *2.3X20 – 2.4X20*. По проводу *1* осуществляется выбор вагонов *1* и *4*; по проводу *2* — вагонов *2* и *3*. По проводам *3*, *7* осуществляется подача напряжения в фазы управления *ХНУ* установок № 1 вагонов *2* и *3*; *4*, *31* — установками № 2 вагонов *2* и *3*; *8*, *10* — установками № 1 вагонов *1* и *4*; *9*, *11* — установками № 2 вагонов *1* и *4*. По проводу *5* осуществляется управление работой электропечей; *6* — холодильными установками. По проводу *12* обеспечивается подача сигнала о работе установок № 1 в режиме охлаждения или отопления, *13* — о работе установок № 2. По проводам *14, 15* осуществляется подача сигнала о помехах в работе установок № 1 и № 2. Провода *16–20, 21–25* используются для освещения грузовых вагонов; *26* — для контроля за сцеплением межвагонных соединений; *27–30, 32–34* — для подачи сигнала в схему сигнализации о нарушении режима работы холодильных установок.

От проводов линии управления выполнены отводы, подведенные к разъемам *2U2X2, 2U2X6, 2U2X1, 2U2X5* (вагон-дизель-электростанция), *2U2X4* (грузовые вагоны). На зажимы *50, 51* и *52, 53* от переключателя *2U2S33* выборочно в один из грузовых вагонов подается напряжение для управления. В выбранном вагоне (рис. 10.9) через разъемы *X20, U4X2* получают питание и срабатывают реле *U4K1, U4K2,* соединяя командные приборы сигнализации (реле *U4K3, U4K4*, кнопочные выключатели *2U2S39–2U2S42*, сигнальные лампы *2U2H9–2U2H12*) с проводами дистанционного управления. Переключатель *U4S2* должен быть установлен в положение *I* (дистанционное управление). В этом положении пакетный переключатель соединяет промежуточную шину *N* с фазой управления $15R_{01}$ (220 В); второе положение переключателя *U4S2* — выключено; третье — непрерывное (местное) охлаждение; четвертое — непрерывное (местное) отопление. Схема управления и сигнализации холодильно-нагревательными установками объединяется в единое целое с помощью штепсельных разъемов *U4X2*, *X20*, *X21*, *X31*, *X32*, *2U4X1*, *2U2X1*, *2U2X2*.

Для дистанционного управления холодильно-нагревательными установками на ГРЩ имеется переключатель выбора вагонов *2U2S33* и две пары кнопок *2U2S41, 2U2S42,* которые используются для включения (выключения) холодильных установок, а *2U2S39*, *2U2S40* — электропечей.

Для дистанционного включения холодильных установок, например, в вагоне 1, необходимо переключатель выбора ваго-

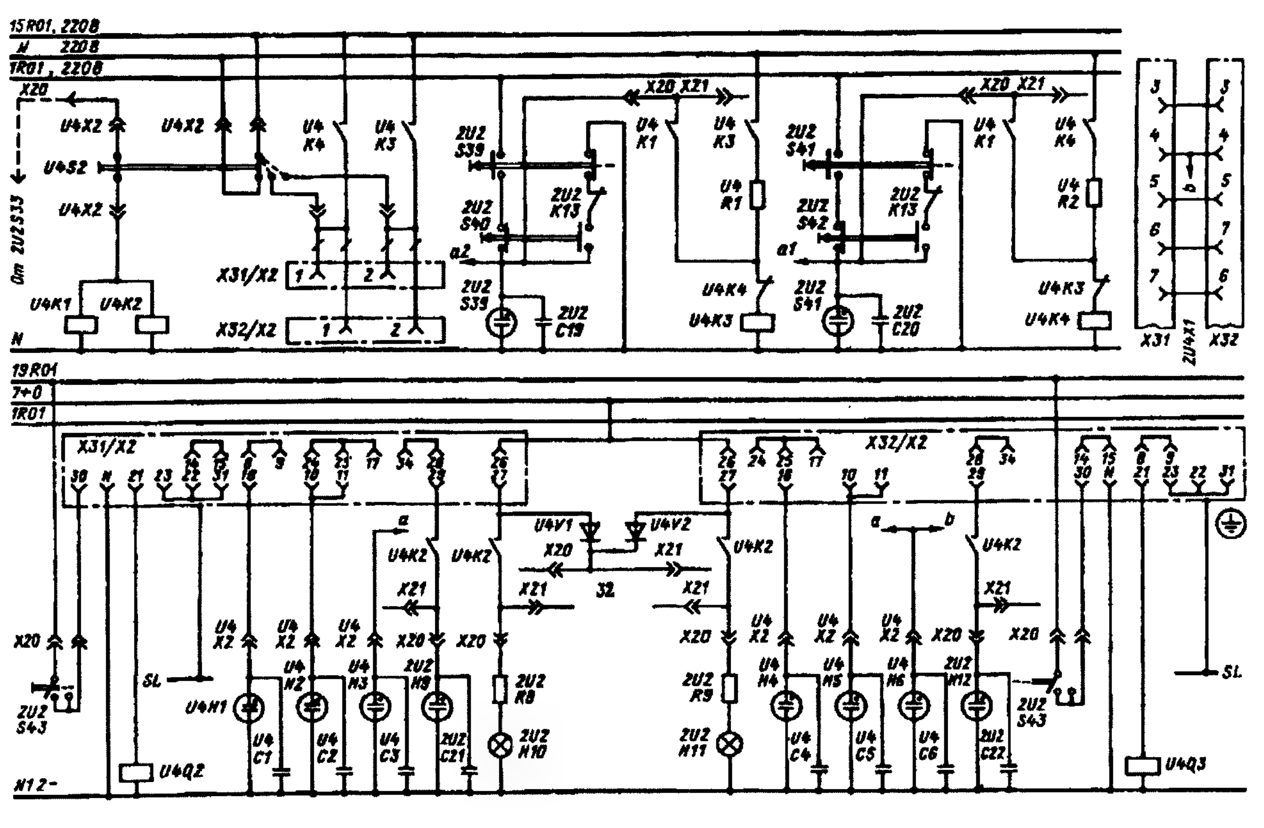


Рис. 10.9. Схема управления холодильно-нагревательными установками грузовых вагонов

нов *2U2S33* установить в положение «Вагон 1». По проводу *1* междувагонного соединения через контакты переключателя *U4S2*, установленного в положение «Дистанционное управление», напряжение подается на катушки реле *U4K1, U4K2* (см. рис. 10.9), установленных в щите машинного отделения первого вагона. При срабатывании реле *U14K1* оно одним замкнувшимся контактом подключает катушку дополнительного реле отопления *U4K3* к проводу *5*, а вторым замкнувшимся контактом подключает катушку дополнительного реле охлаждения *U4K1* к проводу *6* цепей управления.

Реле *U4K2* четырьмя своими замкнувшимися контактами подключает сигнальные лампы *2U2H9* и *2U2H12* к проводам *12* и *13*, а *2U2H10* и *2U2H11* к проводам *32–34* цепей управления и сигнализации. Подача напряжения в фазы цепей управления холодильно-нагревательных установок осуществляется переключателями выбора установок *2U2S43–2U2S46*, которые имеют следующие положения:

0 — выключено; I — установка 1; II — установка 1+2; III — установка 2.

При установке переключателя *2U2S43* в положение 1 контактами первой платы соединяются между собой провода *8* и *10*, и напряжение подается в фазу управления *ХНУ1* вагона № 1, что вызовет включение магнитных пускателей *Q5, q6* вентиляторов воздухоохладителя первой установки, а также электронного автомата *F2* защиты электродвигателя компрессора от перегрева обмоток.

Для включения холодильных установок необходимо нажать кнопку *2U2S41*. При этом напряжение с фазы $1R_{01}$ через замкнувшиеся контакты кнопки *2U2S41* и размыкающиеся контакты кнопки выключения холодильных установок *2U2S40* подается в провод *6*, к которому в вагоне № 1 через замкнувшиеся контакты реле *U4K1* и размыкающиеся контакты *U4K3* подключена катушка реле *U4K4*. Реле *U4K4* включается. Одним замкнувшимся контактом реле самоблокируется через резистор *U4K2*, а вторым — подает напряжение на контакты *1* разъемов *X31* и *X32*. Одновременно разомкнувшимся контактом в цепи катушки реле *U4K3* последняя отключается от провода *5*, что исключает возможность включения электроотопления при работающих холодильных установках.

С контактов *1* разъемов *X31*, *X32* напряжение подается на реле охлаждения *K1* (см. рис. 10.6) первой и второй установок.

Так как напряжение подано в фазу управления только первой установки, то после срабатывания реле *K1* она начинает включаться, как было описано выше. На *ГРЩ* загораются сигнальные лампы *2U2H9* «Холодильный агрегат 1. Охлаждение или отопление» и *2U2S41* «Дополнительная кнопка. Охлаждение вручную». Чтобы уменьшить нагрузку на дизель-генераторные установки при пуске электродвигателей компрессоров, вторую холодильную установку включают через 10–15 с после включения первой. Для этого переключатель выбора установок *2U2S43* переводят в положение 2 «Установка 1+2». Контактами второй платы переключателя соединяются провода *9, 11* и напряжение будет подано в фазу управления второй установки, что вызовет включение магнитных пускателей *Q5, Q6* электронного автомата защиты *F2* и реле времени *K3*. На *ГРЩ* загорается сигнальная лампа *2U2H12* «Холодильный агрегат 2. Охлаждение или отопление».

Включение установок в остальных вагонах производится аналогичным образом.

Для включения электропечей необходимо произвести выбор вагона, подать напряжение в фазы управления холодильно-нагревательных установок, а затем нажать кнопку *2U2S39* «Дополнительная кнопка. Отопление вручную» (рис. 10.9). При этом включается сигнальная лампа *2U2S39*, сигнализируя о том, что в выбранном вагоне задан режим «Отопление». Одновременно напряжение 220 В будет подано в провод *5*, к которому в выбранном вагоне через замкнувшиеся контакты *U4K1* и размыкающиеся контакты *U4K4* подключена катушка реле *U4K3*. При срабатывании реле *U4K3* одним замкнувшимся контактом оно самоблокируется через резистор *U4R1*, а разомкнувшимся контактом отключает катушку реле *U4K4* от провода *6*, исключая возможность включения холодильных машин при работе электропечей. Одновременно вторым замкнувшимся контактом реле *U4K3* подает напряжение на клеммы *2* разъемов *X31*, *X32*, к которым подключены реле отопления *K2*, установленные в щитах холодильно-нагревательных установок *1* и *2* выбранного вагона. На *ГРЩ* загораются сигнальные лампы *2U2H9* и *2U2H12*.

Для выключения холодильных (нагревательных) установок переключателем выбора вагонов *2U2S33* в выбранном вагоне включают реле *U4K1*, *U4K2*. После этого нажимают кнопку *2U2S42* (*2U2S40*).

Замкнувшимися контактами *2U2S42* (*2U2S40*) шунтируется катушка реле *U4K4* (*U4K3*) и реле выключается. Разомкнувшимися контактами *U4K4* (*U4K3*) снимается напряжение с клемм *1* (*2*) разъемов *X31*, *X32*, что вызовет отключение реле охлаждения *K1* (реле отопления *K2*).

Для включения электродвигателей вентиляторов воздухоохладителей переключатели *2U2S43–2U2S46* необходимо перевести в положение «Выключено».

Для местного включения оборудования в грузовых вагонах необходимо переключатели *2U2S43–2U2S46* установить в соответствующие положения.

Для включения холодильных установок на щитах машинных отделений переключатель *U4S2* необходимо установить в положение III «Охлаждение вручную». При этом разомкнувшимися контактами переключателя катушки реле *U4R1* и *U4K2* отключаются от провода *1* (*2*), что предотвращает возможность дистанционного или автоматического управления. Замкнувшимися контактами переключателя *U4S2* напряжение подается на клеммы *1* разъемов *X31, X32*.

После этого переключатели цепей управления *Q1* на щитах холодильно-нагревательных установок переводят в положение I «Включено». Напряжение при этом будет подано в фазы управления холодильно-нагревательных установок, что вызовет их включение.

Для включения электропечей переключатель *U4S2* устанавливают в положение IV «Отопление вручную», а затем выключателями *Q1* подают напряжение в фазы управления. Через контакты второй платы переключателя *U4S2* напряжение будет подано на клеммы *2* разъемов *X31, X32*, а с них на реле отопления *K2*, что вызовет включение электропечей.

В режиме автоматического управления холодильно-нагревательными установками используются провода *a1* (охлаждение), *a2* (отопление), по которым подается напряжение от электронного регулятора температуры к тем же реле *U4K4* и *U4K3*. Если в провод *a1* (или *a2*) подано напряжение 220 В, реле *U4K4* (*U4K3*) включается. При соединении провода *a1* с нулевым проводом *N* реле *U4K4* (*U4K3*) отключается. Таким образом, в режиме автоматического управления кнопки *2U2S39–2U2S42* не используются, а их действие заменяется работой электронного регулятора, воздействующего через провода *a1, a2*. Команда на

«Охлаждение» или «Отопление», подаваемая регулятором температуры, показывается загоранием сигнальных ламп, встроенных в кнопочные выключатели *2U2S39* и *2U2S41*.

10.1.4. Электронный регулятор температуры

Электронный регулятор (типа 60–10) (рис. 10.10) установлен в вагоне-дизель-электростанции. Он поочередно подключается к цепям управления отдельных вагонов. Его схема объединяет четыре платы *Lp1–Lp4*, переключатель *S1*, трансформатор *Tp1*, защищенный по первичной обмотке предохранителем *Si1*, нагревательный элемент *W135* и термостат *Th1*, включающий элемент при температуре ниже –10°С. По своей схеме электронный регулятор является непоказывающим электронным многопозиционным выключателем без измерительного механизма. На плате *Lp1* расположены *4* пороговых электронных узла (триггера). Плата *Lp2* обеспечивает питание схемы постоянным током (от моста с диодами *Cr5–Cr8*). На ней расположены также выходные переключающие реле *Rs1, Rs2, Rs4, Rs5*. Плата *Lp3* имеет измерительный мост, который сравнивает фактическое сопротивление терморезистора *Pt100* с заданным номинальным (с помощью переключателя *S1*). На плате *Lp4* находится усилитель сигналов измерения.

Входной сигнал в виде различной величины постоянного напряжения (как «+», так и «–») в электронном регуляторе преобразуется скачкообразно в двухпозиционный выходной сигнал («Включено», «Выключено»), используемый для включения и выключения холодильно-нагревательных установок и сигнализации о температурном режиме.

Измеряемое и регулируемое значение температуры воспринимается как соответствующее сопротивление терморезистора *Pt100*, подключенного по трехпроводной схеме (фактически используются два терморезистора *Pt200*, расположенных на боковых стенках грузового вагона по диагонали грузового помещения и включенных параллельно).

Когда температура в грузовом помещении соответствует заданному номинальному значению, мост находится в равновесии и на входе усилителя отсутствует напряжение. При температуре выше номинального значения в измерительной диагонали моста появляется положительное напряжение (+). При снижении тем-

пературы ниже номинального полярность напряжения меняется на обратное (–). Полученное нарушение баланса напряжений в усилителе (плата *Lp4*) преобразуется в цикл прямоугольных импульсов. Это пульсирующее напряжение в трехступенчатом усилителе усиливается, а затем сглаживается с восстановлением полярности входного постоянного напряжения.

Выходное напряжение усилителя подводится к двум ступеням опрокидывания (триггерам), находящимся на плате *Lp1*. Каждая из этих ступеней преобразует постоянный выходной сигнал усилителя измеренной величины (в зависимости от сигнала) в двухпозиционный сигнал (включено, выключено), выдаваемый к двум реле *Rs2*, *Rs4* «Гекко» (плата *Lp2*), имеющими герметичные контакты.

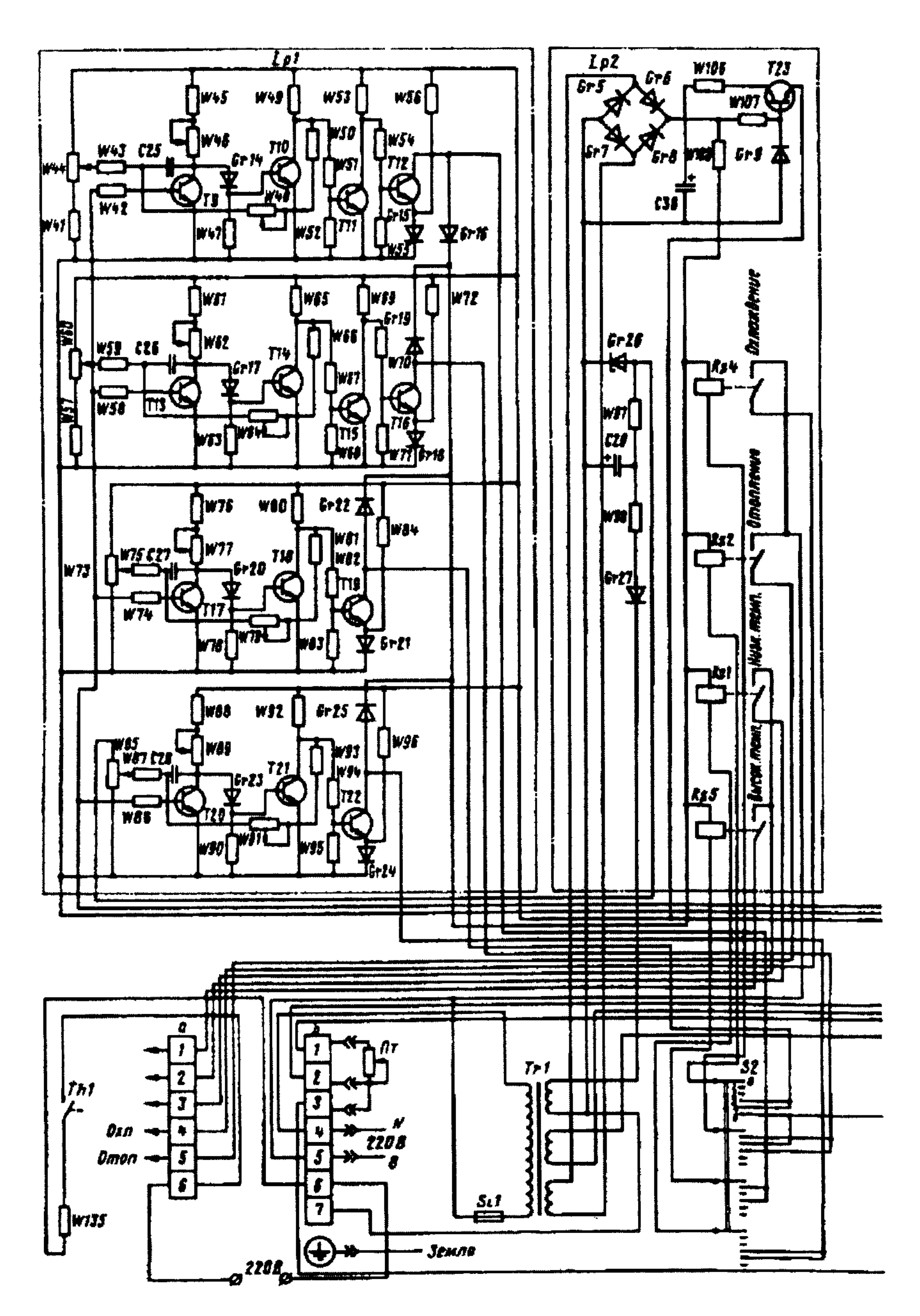
Один из триггеров платы *Lp1* обеспечивает формирование команды «Охлаждение». Управляемое этим триггером реле *Rs4* включается при отклонении температуры от заданной на 2°С выше заданной и выключается при снижении температуры до заданного значения.

Второй триггер подает команду «Отопление». Управляемое им реле *Rs2* включается при снижении температуры на 1°С ниже заданной и выключается при повышении температуры на 0,5°С выше заданной.

На плате *Lp2*, кроме реле *Rs2*, *Rs4*, находятся также элементы, обеспечивающие питание схемы стабилизированным постоянным напряжением.

Реле *Rs2* и *Rs4* в электронном регуляторе срабатывают при изменении температуры в определенной последовательности, которая соблюдается для каждого заданного значения регулируемой температуры. При температуре выше заданной более чем на 2°С реле *Rs4* замыкает свои контакты и начинает работать холодильная установка. Температура постепенно понижается. В конце процесса охлаждения реле *Rs4* размыкает свои контакты, и температура вновь повышается; процесс повторяется. Если температура снизилась более чем на 1°С от заданной, замыкает свои контакты реле *Rs2*, управлявшее процессом отопления. *При* температуре выше заданной на 0,5°С реле *Rs2* размыкает контакты, отключая отопление.

Таким образом, электронный регулятор поддерживает температуру в пределах от –1 до 2°С от заданной. При этом нижний предел обеспечивается за счет охлаждения, а верхний — за счет отопления.


Lp1
Lp2
Ogrzewanie
Ogrzewanie
Niska temp.
Wysoka temp.
Th1
W135
Ochł
Otwór
220 V
ΠT
N
220 V
Ziemia
Tr1
Si1
S2
Rs4
Rs2
Rs1
Rs5
T23

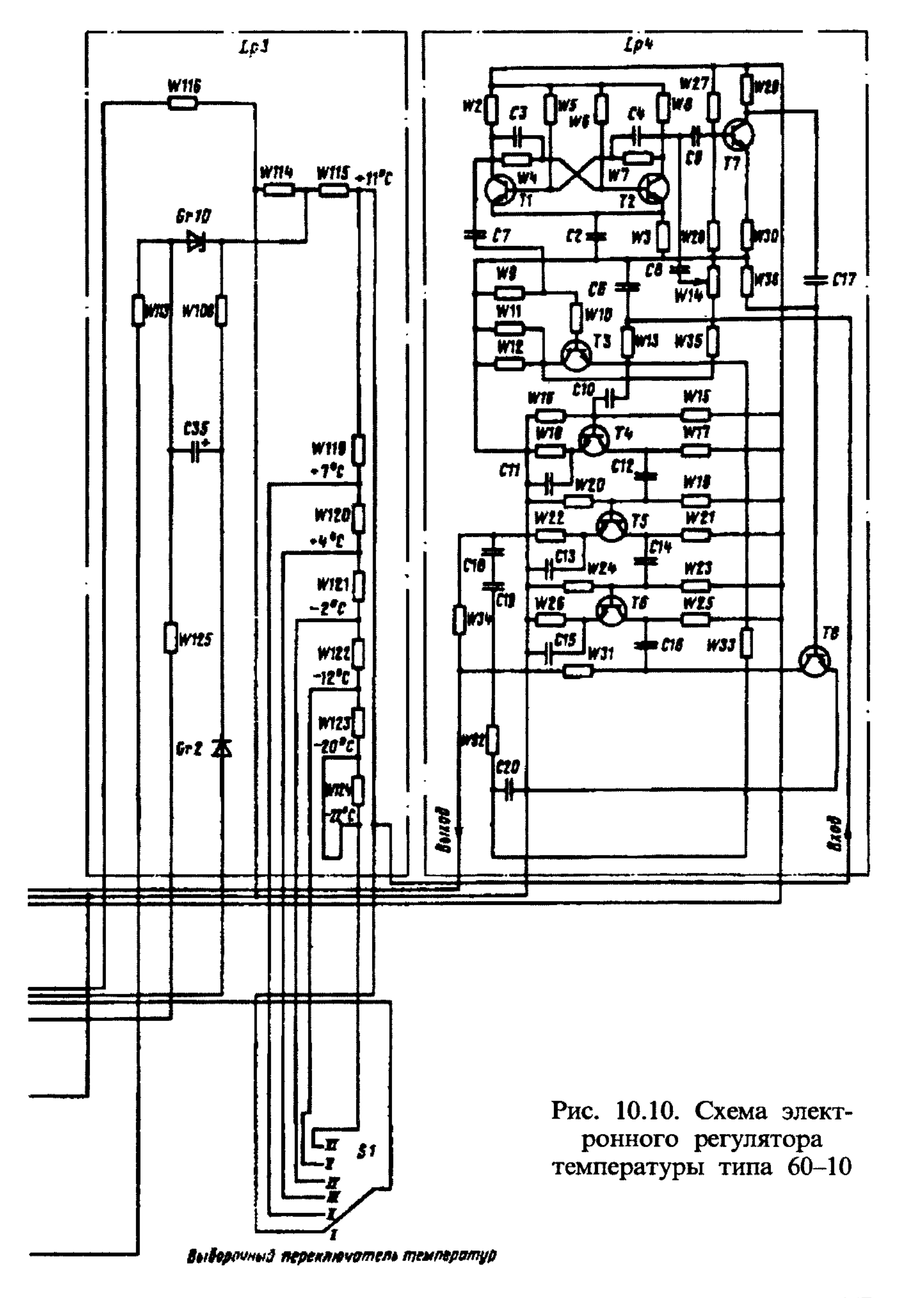


Рис. 10.10. Схема электронного регулятора температуры типа 60–10

Конкретные поддерживаемые температуры при заданных номинальных значениях приведены в табл. 10.1.

Рассмотренный электронный регулятор измеряет температуру только в одной точке. Поэтому на секциях ZB-5 для управления холодильно-отопительными установками всех вагонов используются специальные переключающие устройства в виде группы реле и контактного барабана, установленного в главном распределительном щите вагона-дизель-электростанции. Установка заданных значений температуры производится (рис. 10.11) выборочными переключателями *4S712* (вагон № 1), *4S713* (вагон № 2), *45724* (вагон № 3) и *4S715* (вагон № 4).

Переключатели *4S712–4S715* имеют по шесть рабочих положений для установки заданных значений температуры в грузовых вагонах: +11 +7 +4 –2, –12 и –22°С.

Таблица 10.1

Реле	Температура срабатывания при заданных температурных режимах, °С					
	+11	+7	+4	–2	–12	–22
Rs2	10/11,5	6/7,5	3/4,5	–37–1,5	–13/–11,5	–23/–21,5
Rs4	13/11	9/7	6/4	0/–2	–10/–12	–20/–22

Примечание. В числителе при включенном реле, а в знаменателе — при выключенном.

10.1.5. Автоматическое управление холодильно-нагревательными установками

Режим управления работой холодильно-нагревательных установок задают переключателем *2Q2S33* (рис. 10.12), имеющим шесть рабочих положений: *1*, *6* — работа на автоматике; *2* — ручное управление, подключен вагон № 1; *3* — ручное управление, подключен вагон № 2; *4* — ручное управление, подключен вагон № 3; *5* — ручное управление, подключен вагон № 4. В положениях *2*, *3* переключателя подается питание (220 В) с шины $6R_{01}$ к реле *U4K1*, *U14K2* вагонов № 1, 2 (через правый пакет, затем через левый) и на провод $1R_{01}$ к кнопочным выключателям *2U2S39*, *2U2S41* (через размыкающий контакт реле *2U2K13*), посредством которых производится ручное управле

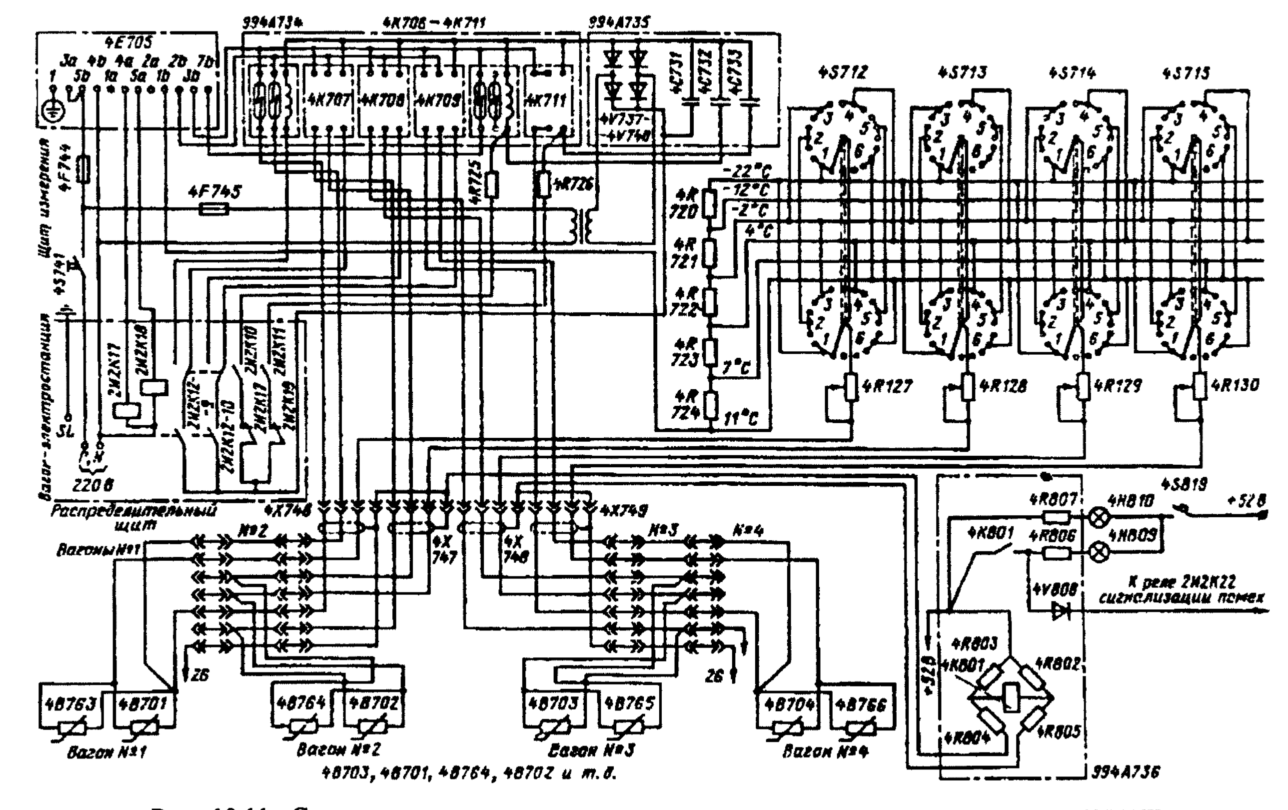


Рис. 10.11. Схема соединения платы электронного регулятора с терморезисторами и переключающими устройствами

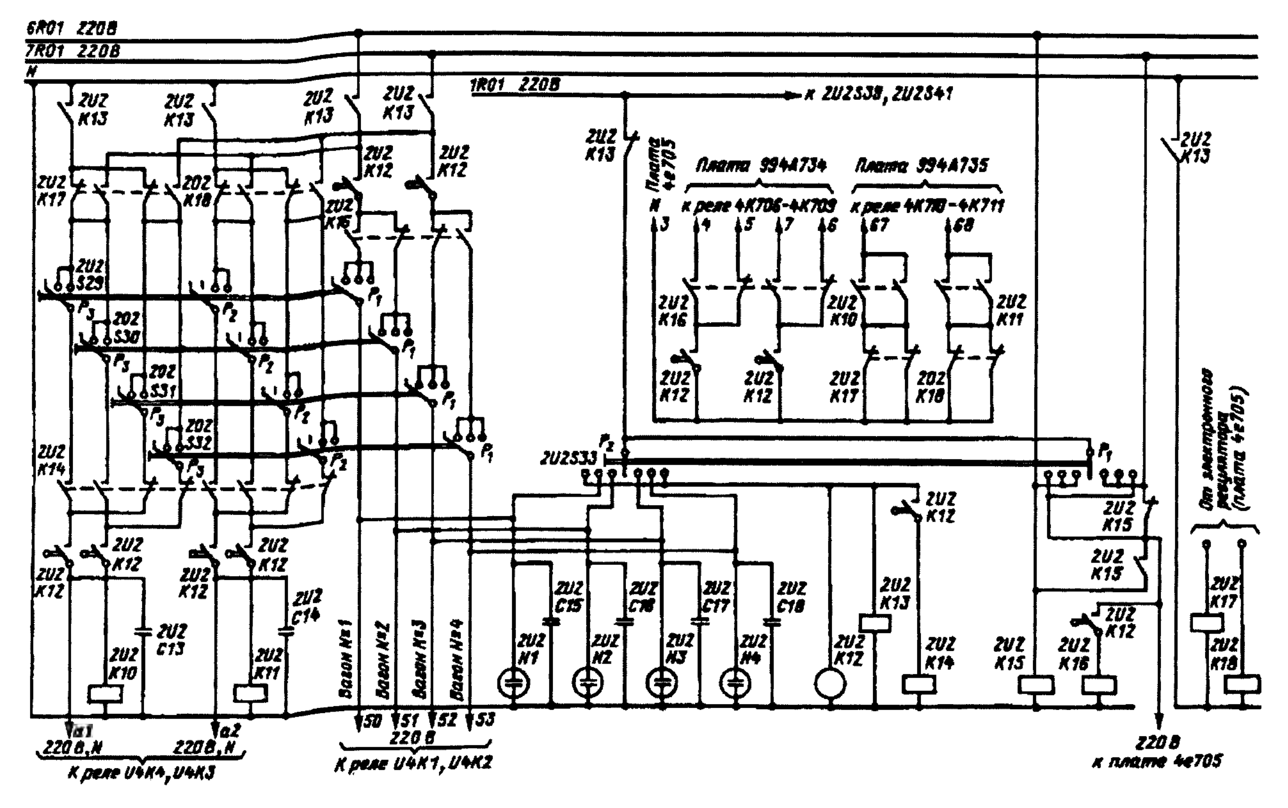


Рис. 10.12. Общая схема управления холодильно-нагревательными установками

ние охлаждением и отоплением. В положениях *4, 5* питание к реле *U4K1*, *U4K3* вагонов № 3, 4 подается с шины $7R_{01}$. Конкретный порядковый номер подключенного вагона указывается горящей сигнальной лампой (*2U2H1–2U2H4*). Параллельно лампам включены конденсаторы *2U2C15–2U2C18*.

При автоматическом управлении переключатель *2U2S33* устанавливают в одно из крайних положений (1 или 6), в результате чего питание поступает к электродвигателю контактного барабана *2U2K12* и реле *2U2K13*. Последнее размыкающим контактом отключает питание с провода $1R_{01}$, делая невозможным ручное управление установками кнопками *2U2S39*, *2U2S41*. Одновременно реле *2U2K13* подключает: нулевой провод к катушкам реле *2U2K13* (охлаждение) и *2U2K18* (отопление) электронного регулятора и к их размыкающим контактам; фазу $6R_{01}$ — к замыкающим контактам реле *2U2K17*, *2U2K18*, к контактам барабана *2U2K12*; фазу $7R_{01}$ — к другим замыкающим контактам реле *2U2K12*, *2U2K18* и контактам барабана *2U2K12*.

Реле *2U2K15*, срабатывающее при подаче напряжения на шину $6R_{01}$, отключает питание электронного регулятора с шины $7R_{01}$. При потере напряжения на шине $6R_{01}$ электронный регулятор автоматически переводится на питание с шины $7R_{01}$. Одновременно с электронным регулятором под напряжением оказываются крайние (по схеме) контакты правого пакета P_1 переключателя *2U2S33*, соответствующие работе на автоматическом управлении.

Контактный барабан *2U2K12* в режиме автоматического управления работает постоянно, подключая последовательно вагоны № 1, 2, 3 и 4. Если контактный барабан остановлен вследствие перехода на ручное управление, то при повторном включении автоматического режима его работа продолжается с места остановки. Например, при остановке на вагоне № 2 дальнейшая программа начинается также с вагона № 2. Порядок работы контактного барабана одинаков для всех вагонов.

Контактный барабан *2U2K12* имеет десять пар контактных шайб, совершающих полный оборот за 120 с относительно неподвижных контактов. Продолжительность и последовательность замыкания контактов, а также их назначение приведены в табл. 10.2.

Контактный барабан *2U2K12* имеет ограниченное число рабочих контактов, поэтому совместно с ним работают реле

Таблица 10.2

Назначение контактов	Продолжительность замыкания (для сектора окружности), *с*, для вагонов			
	1	2	3	4
Температурный датчик	4–26	—	64–86	—
Выбор вагонов	7–23	37–53	—	—
Режим «Охлаждение»	10–20	—	70–80	—
«Отопление»	10–20	—	70–80	—
Температурный датчик	—	34–56	—	94–116
Выбор вагонов	—	—	67–83	97–113
Режим «Охлаждение»	—	40–50		100–110
«Отопление»	—	40–50	—	100–110
Переключение реле *2U2K14*	0–30	30–60	—	—
Переключение реле *2U2K16*	0–30	—	—	90–120

2U2K14 и *2U2K16*, каждое из которых управляется одним рабочим контактом барабана, но имеет по восемь контактов, включенных в цепи управления. Контакты барабана *2U2K12* и работающих вместе с ним реле *2U2K14*, *2U2K16* подключают поочередно к электронному регулятору терморезисторы грузовых вагонов (вход) и цепи распределения команд регулятора (выход). При этом в результате синхронного включения входа и выхода командный импульс от регулятора подается в тот вагон, терморезисторы которого подключены в данный момент к регулятору. Командные импульсы выдаются от регулятора с помощью реле *2U2K17* («Охлаждение») и *2U2K18* («Отопление») и передаются по проводам *a1* — («Охлаждение»), *a2* — («Отопление») в грузовой вагон.

В зависимости от температуры в грузовом помещении подключенного вагона регулятор выдает одну из следующих команд: «Охлаждение включено» — температура в вагоне выше заданной на 2°С; «Охлаждение выключено» — температура в вагоне равна заданной; «Отопление включено» — температура в вагоне ниже заданной на 1°С; «Отопление выключено» — температура в вагоне выше заданной на 0,5°С.

Установленные в цепи питания проводов *a1*, *a2* переключатели *2U2S39* (вагон № 1), *2U2S40* (вагон № 2), *2U2S41* (вагон № 3), *2U2S42* (вагон № 4) имеют по четыре положения; 1 — выключе-

но; 2 — работает охлаждение; 3 — работает охлаждение и отопление; 4 — работает отопление. Ими задается для каждого вагона режим работы установок в зависимости от вида груза. Левый пакет (P_3) переключателей управляет охлаждением, средний (P_2) — отоплением и правый (P_1) — подачей питания к реле *U4K1*, *U4K3* грузовых вагонов.

Контактный барабан *2U2K12* и работающие вместе с ним реле *2U2K14, 2U2K16* поочередно подключают грузовые вагоны. Так, для вагона № 1 подается питание (220 В) с шины $6R_{01}$ в провод *50* к реле *U4K1, U4K3* и сигнальной лампе *2U2H1* (через контакты барабана *2U2K12*, контакты реле *2U2K16*, которое находится во включенном положении, правый пакет переключателя *2U2S29*); от платы *2e705* отходит нулевой провод *N*, который через контакты барабана *2U2K12*, замыкающие контакты реле *2U2K16* соединяется с катушкой реле *4K706*.

Командные импульсы, выдаваемые реле *2U2K17*, *2U2K18* (в зависимости от температуры в вагоне № 1) поступают через левый и средний пакеты переключателя *2U2S29*, переключающие контакты реле *2U2K14*, которое находится в положении *2*, контакты барабана *2U2K12* на провода *a1, a2* и к реле *2U2K10*, *2U2K11* (в вагоне-дизель-электростанции), к катушкам которых подключены конденсаторы *2U2C13, 2U2C14*. Одно из находящихся в вагоне № 1 реле *U4K4* («Охлаждение») или *U4K3* («Отопление»), получив импульс, включается и самоблокируется, удерживая тем самым полученную команду.

Таким образом, при подключении вагона № 1 загорается лампа *2U2H1*, подается питание на реле *U4K1*, *U4K2* и выдается команда в провода *a1, a2*. Остальные цепи управления (провода *51–53* вагонов № 2–4, провода *5-7* реле *4K707–4K709*) обесточены. При отключении контактным барабаном вагона № 1 команда, поданная в этот вагон, удерживается, осуществляя охлаждение или отопление. Электронный регулятор за время его отключения при переходе с вагона № 1 на вагон № 2 возвращается в положение «Включено». Реле *2U2K17* и *2U2K18* обесточиваются.

При подключении вагона № 2 питание подается в провод *51* (к реле *U4K1*, *U4K2*) и в провод *5* (к реле *4K707*), а команды, выдаваемые реле *2U2K17*, *2U2K18*, поступают в провода *a1, a2* и к реле *2U2K10, 2U2K11*. Аналогично для вагонов № 3, 4 питание подается в провода *52, 53* (к реле *U4K1, U4K2*) и провода *7, 6* (к реле *4K708, 4K709*).

10.1.6. Схема цепей напряжением 52 В

Схема цепей напряжением 52 В (рис. 10.13) объединяет аккумуляторную батарею *2G4* и ее шины «+2» постоянного тока, зарядный выпрямитель *2A1*, питаемый от сети трехфазного тока, подвагонный зарядный генератор *2G5*, работающий вместе с ограничителем тока *2U2E1*, регулятором напряжения зарядки *2E3O* и регулятором напряжения сети *2U2E3*, шины постоянного тока регулируемого напряжения «2+», шины постоянного тока нерегулируемого напряжения «1+», шины переменно-постоянного тока «+1R», шины *+1'R'* и «6+01» грузовых вагонов, а также ряд потребителей, работающих на постоянном или на постоянно-переменном токе (электродвигатели вентиляторов, насосов, освещения и др.)

Цепи освещения и другие вспомогательные цепи могут питаться от вторичных обмоток трансформатора переменного тока 52 В (через предохранитель *2U2F70*), подключенного к вспомогательным шинам, от подвагонного генератора *2G5*, аккумуляторной батареи *2G4* или от выпрямителя *2A1*. Если секция стоит и ни один из синхронных генераторов не работает (на шинах вспомогательного генератора отсутствует напряжение), все потребители питаются от аккумуляторной батареи *2G4* (52 В, 360 А·ч) через предохранитель *2F1*, зажимы выпрямителя *2A1*. Напряжение подается на шины постоянного тока регулируемого напряжения «2+» (через предохранитель *2U2F47*), постоянного тока нерегулируемого напряжения «1+» (через предохранитель *2U2F46*), а также на шины «+1R» переменно-постоянного тока (через контактор *2U2Q12*).

При работающих синхронных генераторах выпрямитель *2A1* питает аккумуляторную батарею *2G4*. Напряжение и ток выпрямителя можно контролировать по вольтметру *2U2P11* и амперметру *2U2P12*. Вольтметр защищен предохранителем *2U2F43*. При движении поезда аккумуляторная батарея может заряжаться от подвагонного генератора *2G5*, имеющего ограничитель тока *2U2E1*, зарядный регулятор *2E3O*, регулятор сети *2U2E3*, предохранители *2U2F44* и *2F2*, а также сигнальную лампу *2U2R5*, в цепи питания которой находятся предохранитель *2U2F45* и резистор *2U2R5*. Выпрямитель и генератор сблокированы так, что выпрямитель автоматически отключается, когда подвагонный генератор развил требуемое напряжение и зарядный ток.

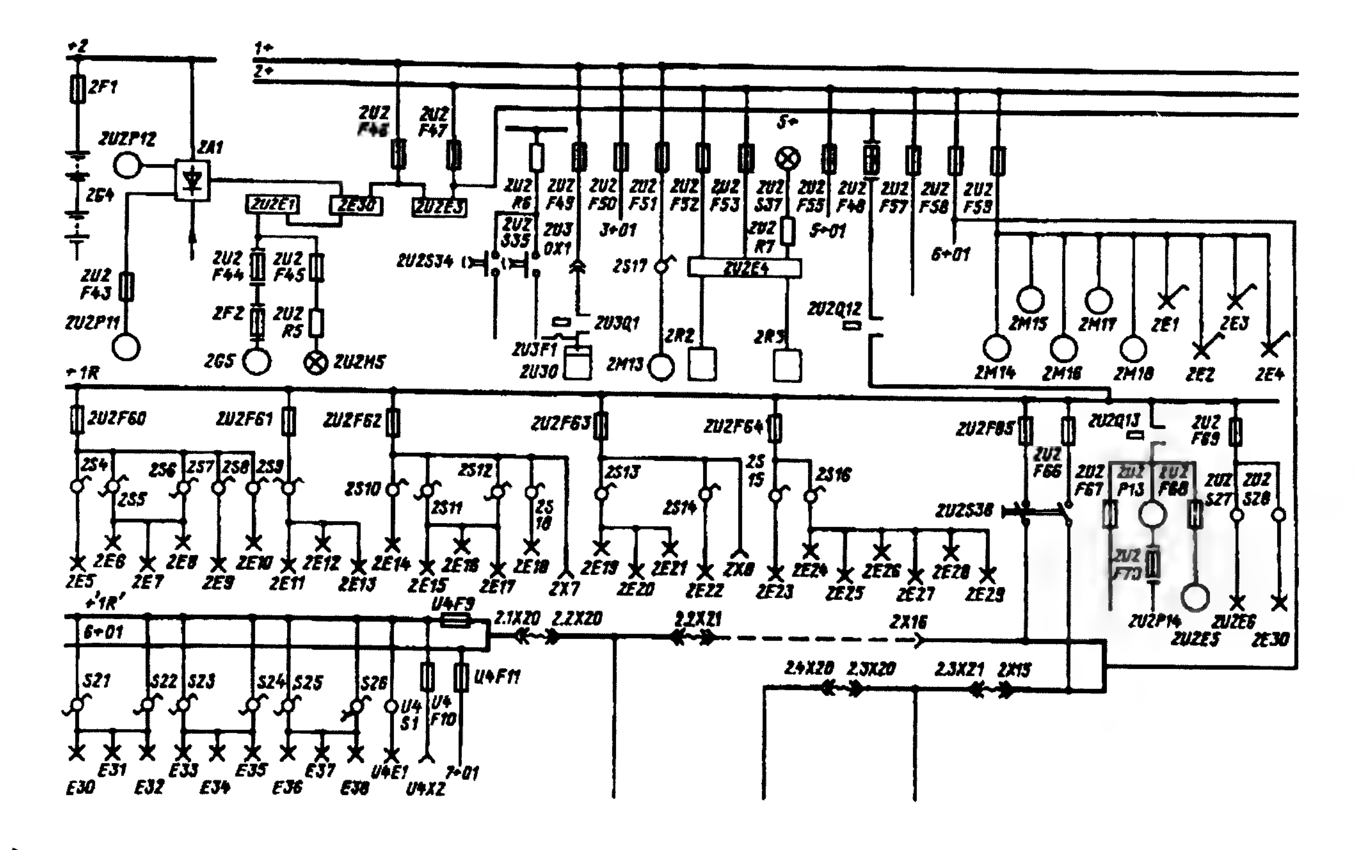


Рис. 10.13. Однолинейная схема цепей напряжением 52 В

При работе синхронных генераторов и подаче переменного тока от трансформатора (через предохранитель *2U2F70*) срабатывают контакторы *2U2Q13*, *2U2Q12*, подключающие шины «+1R» к трансформатору, шины «+2» и «1+» остаются под постоянным током. В случае потери напряжения на трансформаторе (52 В) контакторы *2U2Q13* и *2U2Q12* автоматически переключают шины «+1R» к шинам «2+».

От шин «1+» нерегулируемого напряжения постоянного тока получают питание шкаф-холодильник *2U30* (через предохранитель *2U2F49*, разъем *2U30X1*, контактор *2U3Q1* с тепловой защитой *2U3F1*), линия *3+01* зарядки аккумуляторной батареи (12 В через предохранитель *2U2F50*), электродвигатель циркуляционного насоса *2M13* (через предохранитель *2U2F51* и выключатель *2S17*). От шин «2+» постоянного тока регулируемого напряжения питаются обогрев водозаполнительных штуцеров *2U2E4–2R2, 2R3* (через предохранители *2U2F52, 2U2F53*), имеющий сигнальную лампу *2U2S37* (с гасящим резистором *2U2R7*), линия *5+01* управления переключением шин (через предохранитель *2U2F55*), радиоприемник (через предохранитель *2U2F57*), линия *6+01* сигнализации помех (через предохранитель *2U2F8*) и группа настенных вентиляторов *2M14–2M18* мощностью по 25 Вт и ламп для чтения *2E1–2E4* мощностью по 15 Вт (через предохранитель *2U2F59*).

От шин постоянно-переменного тока «1R» питаются лампы служебного отделения: *2E5* — котельное помещение, *2E6* — коридор, *2E7, 2E8* — кухня, *2E9* — купе, *2E10* — туалет, *2E11, 2E12* — салон, *2E13* — коридор, *2E14* — тамбур, *2E15–2E17* — кабина управления, *2E18* — рабочее место; дизельного отделения: *2E19–2E21* — первая группа общего освещения, *2E22* — рабочее место, *2E23* — тамбур, *2E24–2H29* — вторая группа общего освещения; кабины управления; *2U2E6, 2U2E5* — распределительный щит. В цепи этих ламп имеются предохранители *2U2F60–2U2F64*, *2U2F69*, а также выключатели *2S4*, *2S7–2S10*, *2S18*, *2S13–2S16*, *2U2S27*, *2U2S28*, переключатели *2S5*, *2S6*, *2S11*, *2S12*. На рабочих местах кабины управления и дизельного отделения имеются розетки *2X7*, *2X8* для подключения переносных ламп.

К шинам «1R» грузового вагона подключены лампы освещения машинного отделения 1 (*E30–E32*), грузового помещения (*E33–E35*), машинного отделения 2 (*E36–E38*), распределитель-

ного щита (*U4E1*) и розетка *U4X2* распределительного щита (через предохранитель *U4F10*). Цепи освещения и розетки защищены предохранителем *U4F9*. Для включения ламп освещения имеются переключатели *S21–S26* и выключатель *U4S1*. К шинам *6+01* (вход вагона) подключена линия *7+01* сигнализации помех, защищенная предохранителем *U4F11*.

Линии освещения, отходящие в вагоны-холодильники № 1, 2, 3 и 4, подключаются к шинам освещения главного распределительного щита «+1R» через предохранители *2U2F65, 2U2F66* пакетным выключателем *2U2S36*.

10.2. Электрические схемы 5-вагонных секций постройки ПО БМЗ

10.2.1. Однолинейная схема электроснабжения

Источниками электроэнергии на 5-вагонной секции БМЗ являются два синхронных генератора *Г1* (рис. 10.14) и *Г2*, выраба-

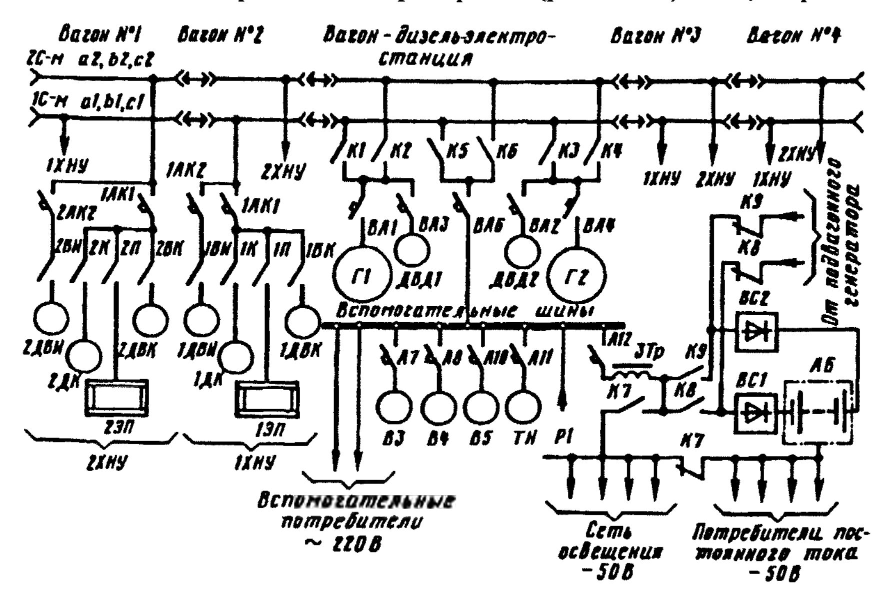


Рис. 10.14. Однолинейная схема энергоснабжения 5 в.с. БМЗ

тывающих трехфазный переменный ток. Генератор *Г1* через автоматический выключатель *ВА1* может подключаться к силовой магистрали *1С-М* (*a1*, *b1*, *c1*) через контактор *К1*, а к силовой магистрали *2С-М* (*a2*, *b2*, *c2*) через контактор *К2*. Генератор *Г2* также может подключаться к тем же силовым магистралям через автоматический выключатель *ВА2* и контакторы *К3, К4*. Однако контакторы *К1–К4* сблокированы так, что генераторы *Г1, Г2* не могут быть одновременно подключены к одной силовой магистрали. При одном неработающем генераторе обе силовые магистрали получают питание от работающего генератора через контакторы *К1, К2* (от генератора *Г1*) или через контакторы *К3, К4* (от генератора *Г2*).

В каждом грузовом вагоне к силовой магистрали *1С-М* подключены первые холодильные установки *1ХНУ*, к силовой магистрали *2С-М* — вторые холодильные установки *2ХНУ*. В комплект этих холодильных установок входят электродвигатели компрессора (*1ДК, 2ДК*), вентилятора конденсатора (*1ДВИ, 2ДВИ*), вентилятора воздухоохладителя (*1ДВИ, 2ДВИ*) и электропечи (*1ЭП, 2ЭП*). Электродвигатель вентилятора воздухоохладителя *1ДВИ* (*2ДВИ*) включается контактором *1ВИ* (*2ВИ*), электродвигатель компрессора *1ДК* (*2ДК*) — контактором *1К* (*2К*), электродвигатель вентилятора конденсатора *1ДВК* (*2ДВК*) — контактором *1ВК* (*2ВК*), электропечи *1ЭП* (*2ЭП*) — контактором *1П* (*2П*). От перегрузки цепи этих потребителей защищены автоматическими выключателями *1АК1* (*2АК2*).

Наличие двух силовых магистралей и принятая схема подключения *ХНУ* позволяет расставлять вагоны в составе секции в любом порядке, в том числе с одной стороны вагона дизель-электростанции. При этом первые холодильно-нагревательные установки всегда будут питаться от силовой магистрали *1С-М*, вторые — от силовой магистрали *2С-М*. Вспомогательные шины могут подключаться через контакторы *К5, К6* к той силовой магистрали, которая первой оказалась под напряжением. Одновременное включение контакторов за счет их блокировки исключается. Цепь вспомогательных шин защищена автоматическим выключателем *ВА6*.

От вспомогательных шин получают питание электродвигатели *В4, В4* вентиляторов дизельного помещения, *В5* аппаратной, *ТН* топливного насоса, розетка *Р1* и трансформатор *3Тр*, к вторичным обмоткам которого через контактор *К7* подключена сеть

освещения, а через контакторы *К8, К9* —выпрямители подвагонного генератора *ВС1* и *ВС2*. Электродвигатели и трансформатор включается автоматическими выключателями *А7, А8*. Сеть освещения может также питаться постоянным током от щелочной аккумуляторной батареи *АБ*. Одновременное питание от двух источников блокируется контактором *К7*. Часть вспомогательных потребителей (преобразователи напряжения холодильника, бытовые приборы и др.) подключается только к аккумуляторной батарее *АБ6*, которая в свою очередь может заряжаться через выпрямители *ВС1*, *ВС2* от подвагонного генератора или от трансформатора *3Тр*. Электродвигатели вентиляторов радиаторов дизелей *ДВД1*, *ДВД2* включаются автоматическими выключателями *ВА3*, *ВА4*, и для их работы подача электроэнергии на силовые магистрали не требуется.

10.2.2. Схемы подключения синхронных генераторов и защиты дизелей

Синхронные генераторы подключены (рис. 10.15) к силовым панелям через блоки компаундирующих трансформаторов и резисторов *БКТС1* (*БКТС2*). В цепи линейных проводов имеется автоматический выключатель *ВА1* (*ВА2*). Измерение тока нагрузки осуществляется амперметром *А1* (*А2*), который через переключатель *1ПА* (*2ПА*) поочередно подключается ко вторичным обмоткам трансформаторов тока *ТТ1–ТТ3* (*ТТ4–ТТ6*). Вольтметр *V3* (*V4*) и частотомер *Hz1* (*Hz2*) постоянно подключены к двум линейным проводам через предохранители *Пр24*, *Пр25* (*Пр26*, *Пр27*).

К генератору через автоматический выключатель *ВА3* (*ВА4*) подключается электродвигатель *ДВД1* (*ДВД2*) мощностью 4,5 кВт, приводящий в действие вентилятор радиатора дизеля. Автоматические выключатели *ВА1, ВА2*, трансформаторы тока, контрольно-измерительные приборы, трехфазные реостаты *1РУ* (*2РУ*), блоки компаундирующих трансформаторов и резисторов *БКТС1* (*БКТС2*) расположены на щите. Для первоначального возбуждения генератора через гасящий резистор и кнопку *КНВ* подключается аккумуляторная батарея напряжением 24 В. Подключение генератора *Г1* к силовым магистралям *1С-М* и *2С-М* осуществляется контакторами *К1* и *К2*, а генератора *Г2* контак-

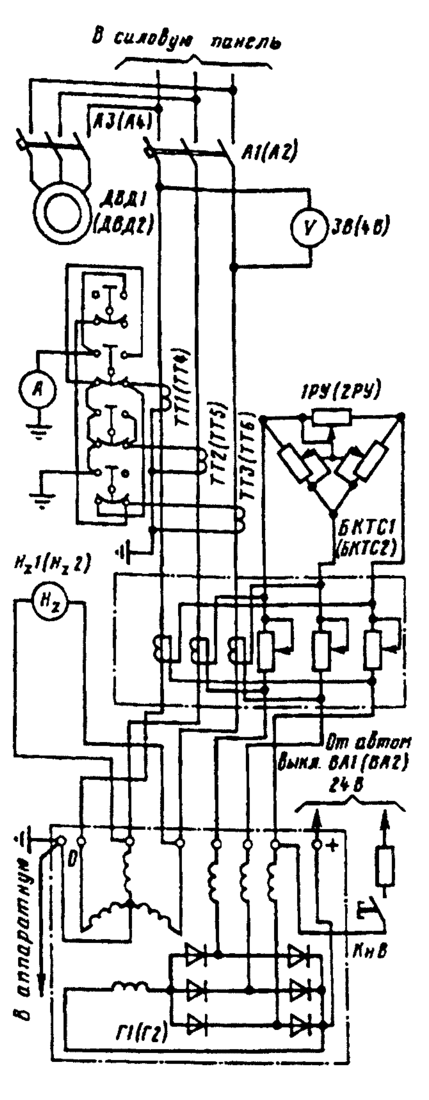


Рис. 10.15. Схема подключения синхронного генератора

торами *К3* и *К4*. Управление этими контакторами осуществляется тумблерами *ТМ1*, *ТМ2*. Катушки контакторов *К1*, *К2* подключены к автоматическому выключателю *ВА3*, а контакторов *К3*, *К4* — к автоматическому выключателю *ВА4*, т.е. подача нагрузки на генераторы *Г1*, *Г2* возможна только при работающих электродвигателях *ДВД1* и *ДВД2*, приводящих в действие вентиляторы радиаторов дизелей.

Для подключения генератора *Г1* (рис. 10.16) к силовой магистрали *1С-М* (*a1*, *b1*, *c1*) тумблер *ТМ1* нажимают вниз, вследствие чего катушка контактора *К1* получает питание через размыкающие контакты реле *Р1* и контактора *К3*, кнопочный выключатель *ТОМ*. Контактор *К1* срабатывает и самоблокируется, переключатель *ТМ1* отпускают. В таком же порядке генератор *Г2* тумблером *ТМ2* (нажатием вниз) и контактором *К3* может быть подключен к силовой магистрали *1С-М* (*a1*, *b1*, *c1*). Отключают генераторы *Г1*, *Г2* от силовых магистралей нажатием на кнопочный выключатель *ТОМ* (тумблер отключения магистрали).

Для подключения генератора *Г1* ко второй силовой магистрали *2С-М* (*a2*, *b2*, *c2*) тумблер *ТМ1* нажимают вверх. В этом случае питание к катушке кон-

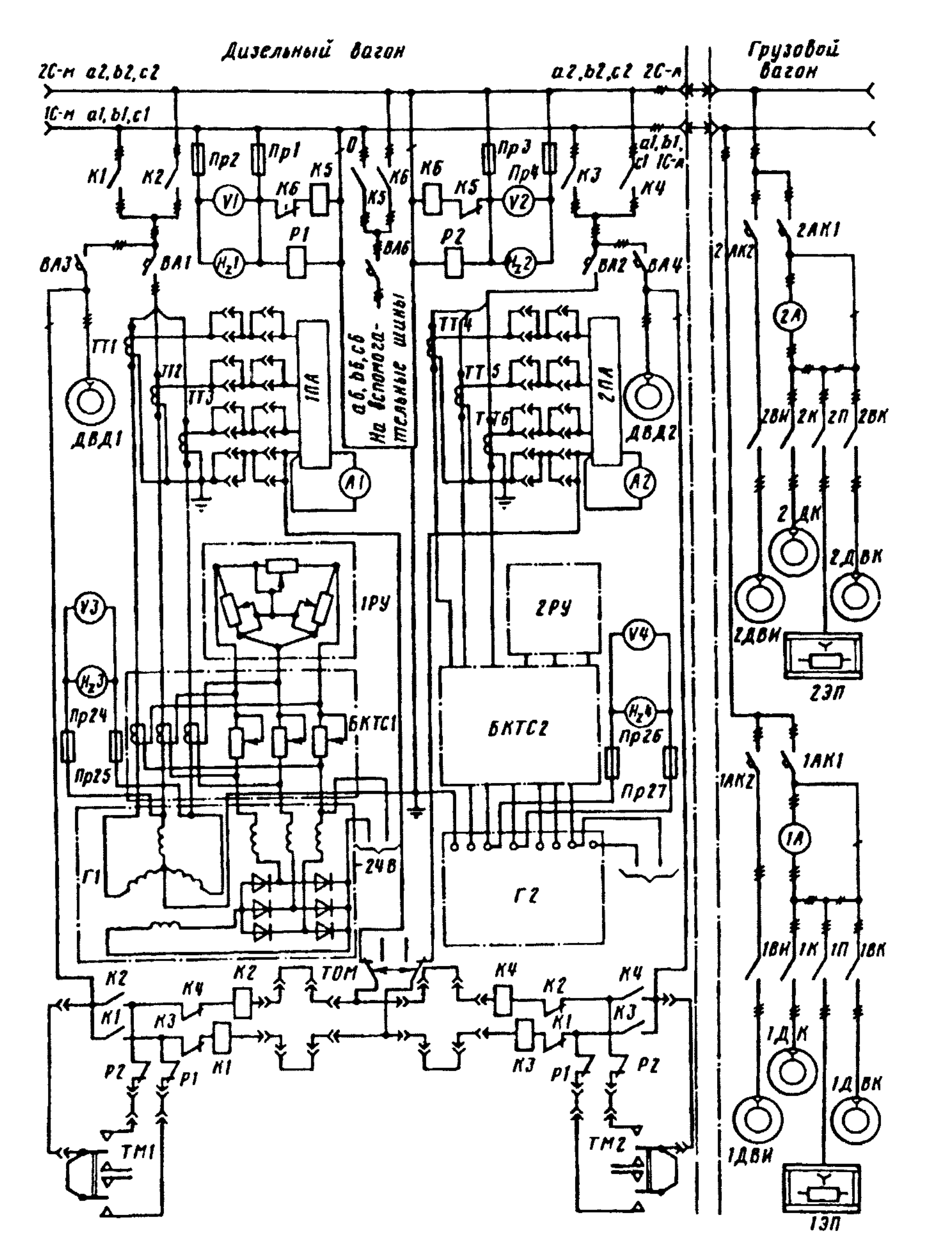


Рис. 10.16. Схема управления синхронными генераторами

тактора *К2* поступает через размыкающие контакты реле *Р2* и контактора *К4*. При включении контактора *К2* он самоблокируется и подключает генератор *Г1* к силовой магистрали *2С-М*.

Аналогично подключается генератор *Г2* к силовой магистрали *2С-М* тумблером *ТМ2*. При нажатии тумблера *ТМ2* вверх напряжение будет подано на катушку контактора *К4* через размыкающие контакты реле *Р2* и контактора *К2*.

Таким образом, в обоих случаях схема обеспечивает работу генераторов на отдельные магистрали. Подключить какой-либо генератор к магистрали, уже находящейся под током от другого генератора, невозможно, так как в цепи катушек *К1–К4* имеются соответствующие размыкающие блок-контакты, а также блок-контакты реле *Р1, Р2*. Ток на обе силовые магистрали можно подать или от генератора *Г1*, или от генератора *Г2*. В первом случае переключатель *ТМ1* нажимают сначала вниз, затем вверх (или наоборот), во втором случае пользуются переключателем *ТМ2*. Однако, если обе магистрали были под током от генератора *Г1* (включены контакторы *К1, К2*), то подключить генератор *Г2* через контакторы *К3* и *К4* уже невозможно, так как цепи питания их тяговых катушек разомкнуты блок-контактами контакторов *К1* и *К2*.

Вспомогательные шины *аб, bб, сб* автоматически подключаются к той силовой магистрали, которая первой оказалась под напряжением. Так, если в магистрали *1С-М* (*а1, b1, с1*) появилось напряжение, то срабатывает контактор *К5*, катушка которого получает питание через предохранитель *Пр1* и размыкающие блок-контакты контактора *К6*. При снятии напряжения с магистрали *1С-М* (*а1, b1, с1*) контактор *К5* выключается. Если магистраль *2С-М* (*а2, b2, с2*) была подключена к другому генератору, автоматически срабатывает контактор *К6* и вспомогательные шины получают питание.

Напряжение и частота тока непосредственно на генераторах измеряются вольтметрами *V3, V4* и частотомерами *Hz3, Hz4*, защищенными предохранителями *Пр24–Пр27*; на шинах силовых магистралей *1С-М* (*а1, b1, с1*), *2С-М* (*а2, b2, с2*) — вольтметрами *V1, V2* и частотомерами *Hz1, Hz2*, защищенными предохранителями *Пр1–Пр4*. Для измерения тока нагрузки предусмотрены амперметры *А1, А2*, включенные через трансформаторы тока *ТТ1–ТТ6* и переключатели *1ПА, 2ПА*. Блоки ком-

паундирующих трансформаторов и резисторов *БКТС1*, *БКТС2* обеспечивают вместе с реостатами установки *1РУ* и *2РУ* регулирование напряжения.

В приводе каждой холодильной установки грузового вагона имеются двигатели вентилятора воздухоохладителя (*1ДВИ*, *2ДВИ*), компрессора (*1ДК*, *2ДК*), вентилятора конденсатора (*1ДВК*, *2ДВК*) и электропечь (*1ЭП*, *2ЭП*). Их защита и включение производятся автоматическими выключателями *1АК1, 1АК2, 2АК1, 2АК2* и контакторами *1ВИ, 2ВИ, 1К 2К, Ш, 2П, 1ВК, 2ВК*. Нагрузка, потребляемая электродвигателями компрессора, вентилятора конденсатора или электропечи, измеряется амперметрами *1А, 2А*.

Схема защиты и сигнализации дизеля объединяет (рис. 10.17) датчики температуры воды *ДТВИ* и *ДТВП*, замыкающие свои контакты при температуре соответственно 105 и 95°С, датчики уровня воды *ДУВ*, давления масла *ДДМ* и центробежное реле *РСЗ*, которое имеет три контакта, замыкающихся при частоте вращения коленчатого вала дизеля 500, 1700 и 1350 об/мин. Контакт центробежного реле, замыкающийся при частоте вращения 1700 об/мин, включен последовательно с реле *РР*, датчик *ДДМ* — с реле *РДМ*, датчик *ДТВИ* — с реле *РТВ* и датчик *ДУВ* — с реле *РУВ*.

Каждое реле имеет три замыкающихся контакта, одним из которых включается реле сигнализации *РС*, вторым контактом обеспечивается самоблокировка соответствующего реле, а третьим подготавливается цепь включения одной из сигнальных ламп *ЛРР*, *ЛДМ*, *ЛТВ* или *ЛУВ*.

Если в аварийном режиме один из датчиков сработал, то с помощью соответствующего реле подается питание на реле остановки *РС*, включающее соленоид остановки дизеля *СО*. Последний с помощью воздушной заслонки перекрывает всасывающий коллектор, и дизель останавливается. Для выяснения причины аварийного режима и остановки дизеля нажимают кнопку *ВКП*, и соответствующая горящая сигнальная лампа (превышение частоты вращения — *ЛРР*, понижение давления масла — *ЛДМ*, перегрев воды — *ЛТВ*, понижение уровня воды — *ЛУВ*) указывает, какой из датчиков сработал. Схема защиты дизеля остается заблокированной до устранения причины остановки и нажатия на кнопку разблокирования *КР*.

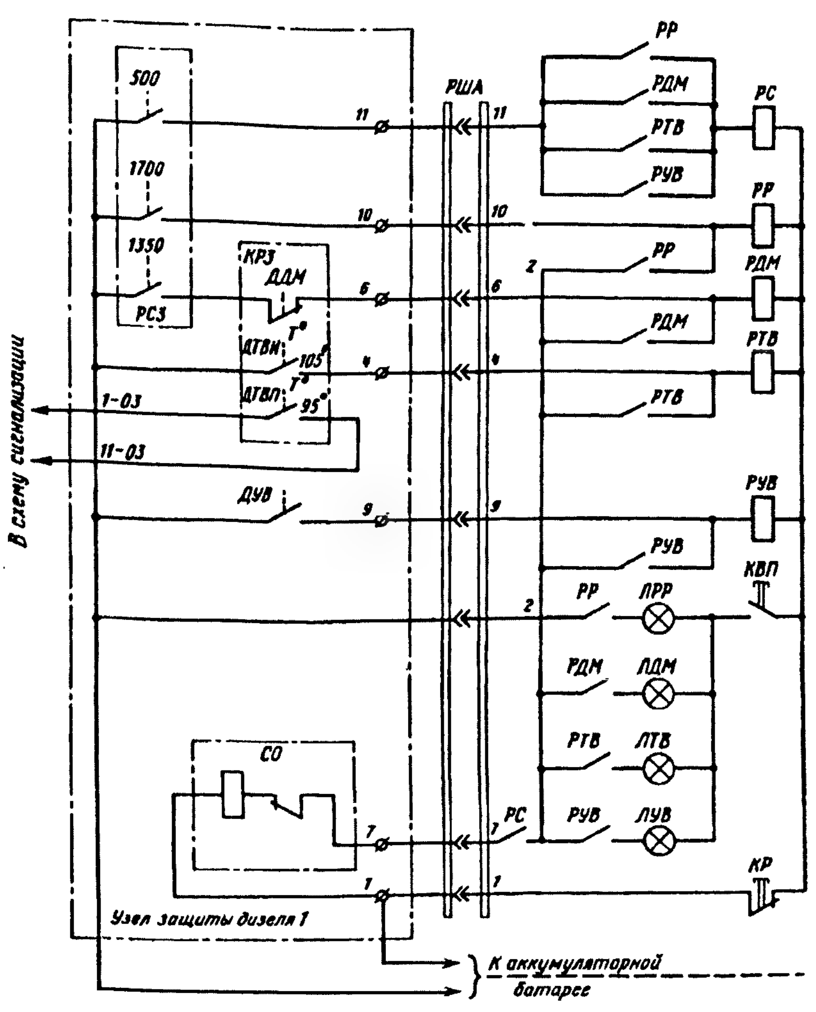


Рис. 10.17. Схема защиты и сигнализации дизелей

10.2.3. Схема управления холодильно-нагревательными установками

Управление холодильно-нагревательными установками и контроль температуры объединены в общую систему. Основная часть аппаратуры и приборов расположена в вагоне дизель-

электростанции, а связь приборов управления с исполнительными цепями в грузовом вагоне осуществляется магистральными проводами, проходящими через все вагоны и являющимися общими для всех вагонов.

Для управления всеми холодильно-нагревательными установками на *ГРЩ* дизельного вагона имеется комплект командных приборов (блок управления), в состав которого входят: четыре импульсных выключателя *ПВ1–ПВ4*, с помощью которых обеспечивается включение в грузовых вагонах реле-коммутаторов *Р*, а также импульсные выключатели *ВХ, ВТ*, *ВВИ, В1′* и *В2′* и *ВК* (рис. 10.18). Выключателем *ВХ* задается режим «Охлаждение», *ВТ* — режим «Отопление», *ВВИ* — дается команда на включение вентиляторов воздухоохладителей, *В1′*, *В2′* обеспечивают включение соответственно первой и второй установок, а выключателем *ВК* дается команда на включение электродвигателей компрессоров.

В машинном отделении каждого вагона смонтированы: блок реле управления *БРУ*; панель установок и аппараты защиты. В состав блока реле управления входят восемь электромагнитных реле:

РХ — реле охлаждения; *РТ* — реле отопления; *РВИ* — реле вентилятора испарителя; *1РА* — реле первой установки; *2РА* — реле второй установки; *РВ* — реле включения компрессора; *РОТ* — реле оттайки; *Р* — реле-коммутатор.

Схема управления холодильно-нагревательными установками имеет ряд особенностей монтажа магистральных проводов управления, обусловленных тем, что грузовые вагоны секции могут формироваться в любом порядке по отношению к вагону-дизель-электростанции. Поэтому монтаж проводов *15–20* (см. рис. 10.19) выполнен так, что от одноименного провода (20) на каждом вагоне выполнен отвод к реле-коммутатору *Р*. В результате этого электрические схемы всех грузовых вагонов одинаковы, хотя включение реле *Р* в каждом вагоне производится индивидуально. Это обеспечивается путем перекидки (изменения номеров) проводов 15–20 линии управления. Каждый провод со стороны грузового помещения $У_г$, переходя на сторону машинного помещения $У_м$, увеличивает на единицу порядковый номер контакта, а провод с контакта *20* монтируется на контакт *15*.

При нормальной схеме формирования в вагоне-дизель-электростанции используют провода *19, 20* со стороны аккумулятор-

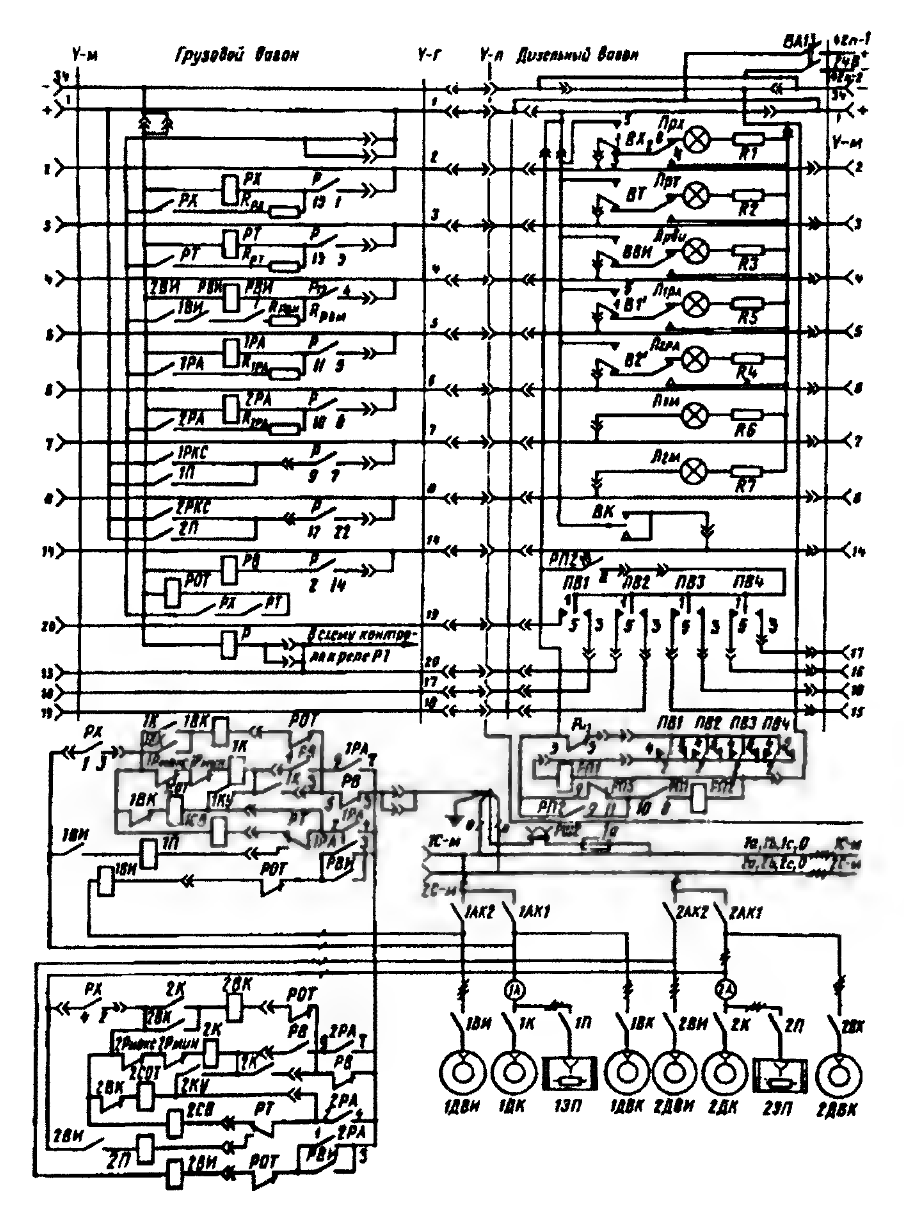


Рис. 10.18. Схема ручного управления холодильно-нагревательными установками

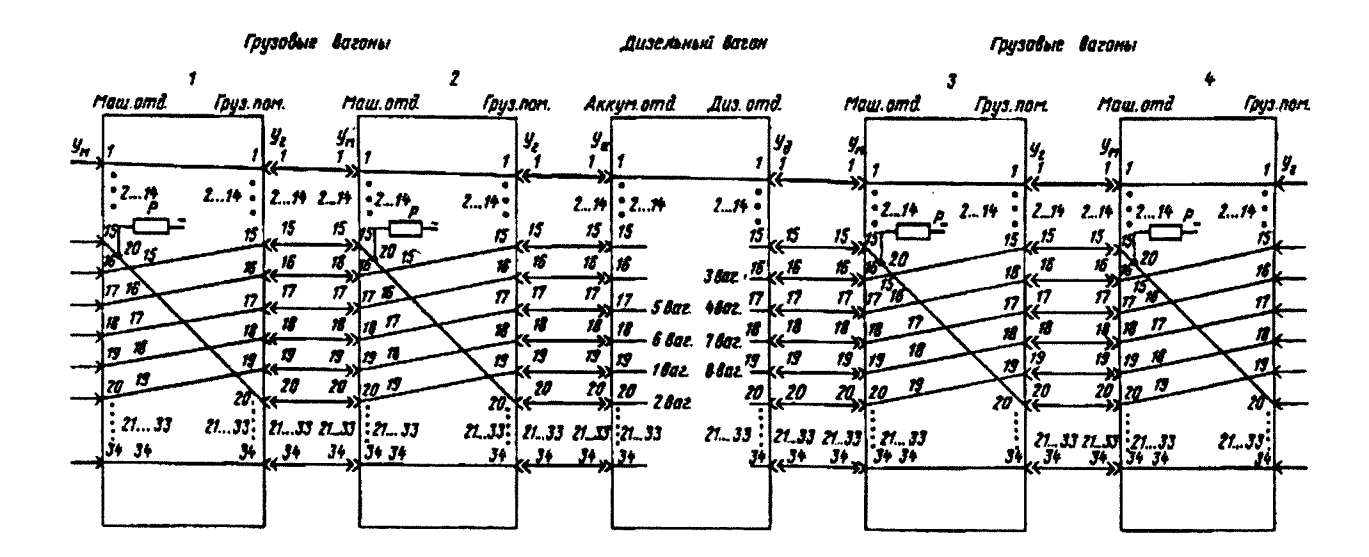


Рис. 10.19. Схема соединения проводов магистрали управления

ного отделения, $У_а$ (вагоны № 1, 2) и провода *15, 16* со стороны машинного отделения $У_м$ (вагоны № 3, 4). Если вагоны № 3, 4 будут поставлены к вагону № 1 (на схеме слева), то они станут порядковыми номерами соответственно № 5, 6, а вагоны № 1, 2, поставленные к вагону № 4, — вагонами № 7, 8. При такой схеме управления любой грузовой вагон, поставленный, например, на место вагонов № 2, становится вторым вагоном. Таким образом, схема цепей управления предусматривает штатное порядковое место вагона, а не его инвентарный номер.

Холодильно-нагревательные установки могут работать как в режиме ручного управления, так и в режиме автоматического управления. Как при ручном, так и при автоматическом управлении схема обеспечивает работу оборудования в следующих режимах:

«Холод» — работают холодильные установки;

«Тепло» — работают нагревательные установки;

«Вентиляция» — работают вентиляторы-циркуляторы;

«Оттайка» — работают компрессоры холодильных установок.

Для задания любого режима работы, пуска и отключения холодильно-нагревательных установок необходимо подключить требуемый вагон к магистралям управления соответствующим переключателем.

Все холодильно-нагревательные установки управляются одинаково. Рассмотрим порядок работы вагона № 2. Перед пуском холодильно-нагревательной установки на пульте управления в вагоне-дизель-электростанции выключателем *ВА13* (рис. 10.18) подают питание (±24 В) в цепи управления (от аккумуляторной батареи). Это напряжение поступает по междувагонным соединениям в грузовые вагоны: +24 В — на провод 1, –24 В — на провод 34.

Для дистанционного включения оборудования в режиме «Холод» переключатель *ПВ2* нажимают вверх, что вызовет замыкание контактов *1–5* и *2–4* переключателя (рис. 10.18).

При этом в вагоне-дизель-электростанции (если программно-временный блок не работает в режиме записи температуры) срабатывает реле *РП1*, получая питание по цепи: +24 В, контакты 3-5 реле $Р_{нз}$, контакты 2-4 переключателя *ПВ2*, катушка реле *РП1*. Последнее, сработав своими контактами *9–11*, отключит питание *ПВБ* (на схеме не показано), а контактами *10–8* замы-

кает цепь питания катушки реле *РП2* по цепи: +24 В, контакты *9–11* реле *РП5*, контакты *10–8* реле *РП1*, катушка реле *РП2*. При срабатывании реле *РП2* и замыкании его контактов *9–11* создается дополнительная цепь питания катушки *РП2*. При замыкании контактов *10–8* реле *РП2* срабатывает реле-коммутатор *Р* второго вагона, получая питание по цепи: +24 В, замкнувшиеся контакты *10–8* реле *РП2*, замкнутые контакты *1–3* переключателя *ПВ2*, провод 20 цепи управления, катушка реле-коммутатора *Р*, провод *34* цепи управления, –24 В.

Реле *Р*, сработав, своими контактами *15–1, 3–13, 4–12, 5–11, 6–10, 7–9, 22–17, 14–2* подключает цепи элементов блока реле управления *БРУ* (реле *РХ, РТ, РВИ, 1РА, 2РА, РВ*) к проводам *2, 3, 4, 5, 6, 14,* связывающим их соответственно с переключателями *ВХ, ВТ, ВВИ, В1′, В2′, ВК*. Реле *Р* не имеет самоблокировки, поэтому переключатель *ПВ2* необходимо удерживать во включенном положении.

Переключатель *ВХ* нажимают вверх. Напряжение +24 В подается через контакты *5–1* переключателя *ВХ* по проводу *2*, через контакт *1–15* реле *Р* на катушку реле *РХ*, которое, сработав, становится на самопитание по цепи: +24 В, контакты реле *РХ*, резистор $R_{РХ}$. Замкнувшимся контактом *3–1* реле *РХ* подготавливает цепи включения контакторов *1К, 1ВК*, соленоидов *1СОТ, 1СВ* первой холодильно-нагревательной установки. Одновременно замкнувшимся контактом *2–4* подготавливаются цепи включения контакторов *2К, 2ВК* и соленоидных вентилей *2СОТ, 2СВ* второй холодильно-нагревательной установки.

Режим охлаждения задан. На блоке управления загорается лампа $Л_{РХ}$, которая получает питание по цепи: +24 В, контакты реле *РХ*, резистор $R_{РХ}$, контакты 15–1 реле *Р*, провод *2*, контакты *1–3, 2–6* переключателя *ВХ*, лампа $Л_{РХ}$, резистор *R1*, –24 В.

Переключатель *В1′* кратковременно нажимают вверх. Напряжение +24 В через контакты *5–1* переключателя *В1′* по проводу 5, через контакт *5–1* реле *Р* поступает на катушку реле *1РА*, которое, сработав, становится на самопитание по цепи: +24 В, контакты реле *1РА*, резистор $R_{1РА}$. Замкнувшимся контактом *9–7* реле *1РА* подготавливает цепи для включения контакторов *1К, 1ВК*. Замкнувшимся контактом *4–2* подается питание на катушки соленоидного вентиля оттайки *1СОТ* и соленоидного вентиля жидкостной линии *1СВ*. Замкнувшимся контактом *3–1* реле *1РА* включается контактор *1ВИ*, который своими силовыми контактами включает

электродвигатель вентилятора испарителя *1ДВИ*. Компрессор первой холодильно-нагревательной установки подготовлен к включению. На блоке управления загорается лампа $Л_{1РА}$.

Через 10–15 с переключатель *ВК* кратковременно нажимают вверх. Напряжение +24 В через контакты *1–3* переключателя *ВК* поступает по *14* проводу через контакт *14–2* реле *Р* на катушку реле *РВ*. Замкнувшимся контактом *1–3* реле *РВ* подает напряжение на катушку контактора *1К* по цепи: фаза *1а*, контакты автоматического выключателя *1АК2*, замкнутые контакты *1–3* реле *РХ*, контакты реле $1Р_{макс}$, $1Р_{мин}$, контакты *1-3* реле *РВ*, катушка *1К*, замкнувшиеся контакты реле *РВ*, замкнутый контакт *7–9* реле *1РА*, нулевой провод. Контактор *1К*, сработав, включает электродвигатель компрессора *1ДК*. Одним замкнувшимся блок-контактом *1К* подготавливается цепь самоблокировки, а вторым подает напряжение на катушку контактора *1ВК* по цепи: контакт *1–3* реле *РХ*, замкнувшийся контакт *1К*, катушка *1ВК*, замкнутый контакт реле *РОТ*, замкнутый контакт *7–9* реле *1РА*, нулевой провод. Контактор *1ВК*, сработав, замкнувшимся контактом самоблокируется, а разомкнувшимся контактом разрывает цепь питания соленоидного вентиля *1СОТ*, выполняющего при пуске компрессора роль байпасного вентиля. Контактор *1ВК*, сработав, своими силовыми контактами включает электродвигатель вентилятора конденсатора *1ДВК*. При работе компрессора в нормальном режиме срабатывает реле контроля смазки *1РКС* и своим замкнувшимся контактом подает питание на лампу $Л_{1М}$. Первая *ХНУ* работает в режиме охлаждения. На блоке управления горят лампы $Л_{РХ}$, $Л_{1РА}$, $Л_{1М}$.

Для включения второй холодильно-нагревательной установки переключатель *В2′* кратковременно нажимают вверх. Напряжение +24 В через контакты переключателя *В2′* по проводу *6* через контакты *6–10* реле *Р* поступает на катушку реле *2РА*, которое, сработав, становится на самопитание по цепи: +24 В, контакты реле *1РА*, резистор $R_{2РА}$. Замкнувшийся контакт *9–7* подготавливают цепи включения контакторов *2К*, *2ВК*; контакт *4–2* замыкает цепь катушек соленоидов *2СОТ* и *2СВ*, а контакт *3–1* замыкает цепь катушки контактора *2ВИ*, который своими силовыми контактами включает электродвигатель вентилятора испарителя *2ДВИ*.

На блоке управления загорается лампа $Л_{2РА}$. Переключатель ВК через 10–15 с кратковременно нажимают вверх. Реле *РВ*

включается и своим замкнувшимся контактом замыкает цепь питания катушки контактора *2К*. В это время размыкающиеся контакты реле *РВ* разомкнуты, а цепь катушки контактора *2К* замкнута по цепи: контакт *4–2* реле РХ, контакты реле $2P_{макс}$, $2P_{мин}$, контакт *7–9* реле *2РА*. Цепь контакта реле *РВ* блокируется контактом контактора *2К* при его включении. Контактор *2К*, сработав, замыкает цепь питания катушки контактора *2ВК* по цепи: контакт *2–4* реле *РХ*, контакт контактора *2К*, катушка *2ВК*, контакт реле *РОТ*, контакт *7–9* реле *2РА*. Контактор *2ВК*, сработав, блокирует цепи контактов контактора *2К* своими замыкающими контактами *2–4*, а размыкающими контактами разрывает цепь питания соленоидного вентиля *2СОТ*.

Контакторы *2К*, *2ВК*, сработав, своими силовыми контактами включают электродвигатель компрессора *2ДК* и электродвигатель вентилятора конденсатора *2ДВК*.

При работе компрессора срабатывает реле *2РКС* и своими контактами подает питание на лампу $Л_{2М}$. Вторая холодильно-нагревательная установка работает в режиме охлаждения. На блоке питания горят лампы $Л_{РХ}$, $Л_{1РА}$, $Л_{1М}$, $Л_{2РА}$, $Л_{2М}$. Пуск холодильно-нагревательных установок закончен, переключатель *ПВ2* отпускают. Указанные выше лампы гаснут.

Схемой предусмотрена возможность пуска холодильно-нагревательной установки из грузового вагона. Для этого предварительно в дизельном вагоне задается режим охлаждения кратковременным нажатием вверх переключателя *ВХ*. После этого кратковременным нажатием вверх переключателей *В1′* и *В2′* включают реле *1РА* и *2РА*, которые, сработав, становятся на самопитание и своими замкнувшимися контактами подготавливают цепи включения компрессоров.

Для пуска *ХНУ1* (или *ХНУ2*) в грузовом вагоне необходимо кратковременно нажать кнопки управления *1КУ* (*2КУ*). Питание на катушки контакторов *1К* (*2К*) подается по цепи: контакты реле *РХ*, контакты реле $1P_{мах}$ ($2P_{мах}$), $1P_{мин}$ ($2P_{мин}$), контакты кнопки *1КУ* (*2РА*), контакты реле *1РА* (*2РА*). После включения контакторов *1К* (*2К*) дальнейшая последовательность срабатывания элементов схемы, участвующих в пуске холодильно-нагревательной установки, аналогична рассмотренной ранее.

Отключить установки из грузового вагона можно, обесточив электродвигатели компрессора, вентилятора конденсатора автоматическими выключателями *1АК1* и *2АК1*. После отключения

холодильно-нагревательной установки необходимо вновь включить автоматические выключатели *1АК1*, *2АК1*, а при необходимости пуска установок вновь нажать кнопку *1КУ* (*2КУ*).

Для дистанционного выключения холодильно-нагревательных установок переключатель *ПВ2* нажимают вверх. При этом в вагоне включается реле *Р* и подключает цепи управления второго вагона к *ГРЩ*. Переключатель *В1′* кратковременно нажимают вниз.

Напряжение –24 В через контакты переключателя *В1′* по проводу 5 через контакты *5–11* реле *Р*, поступает на катушку реле *1РА*, которое находится под напряжением, поступающим по цепи: +24 В, контакт реле *1РА*, резистор $R_{1РА}$. Разность потенциалов на концах катушки реле становится равной нулю, и реле обесточивается. Для предотвращения режима короткого замыкания источника постоянного тока ±24 В включен резистор $R_{1РА}$, сопротивление которого обеспечивает безопасный для источника уровень тока при таком включении. Реле *1РА*, обесточившись, разрывает цепи питания контактора *1ВИ* и соленоидного вентиля *1СВ*. Электродвигатель *1ДВИ* выключается, лампа $Л_{1РА}$ гаснет. Электродвигатели *1ДК* и *1ДВК* продолжают работать, так как катушки контакторов *1К*, *1ВК* получают питание через замкнутый контакт *3–5* реле *РВ*.

Для отключения второй холодильно-нагревательной установки переключатель *В2′* кратковременно нажимают вниз. Реле *2РА* отключается аналогично реле *1РА*, обесточивая контактор *2ВИ* и соленоидный вентиль *2СВ*. Цепи контакторов *2К* и *2ВК* остаются замкнутыми контактом реле *РВ*. Электродвигатель второго вентилятора испарителя *2ДВИ* установлен. Лампа $Л_{2РА}$ гаснет. Компрессор и вентилятор конденсатора второй установки продолжают работать.

Для отключения компрессоров и вентиляторов конденсаторов необходимо переключатель *ВК* кратковременно нажать вниз. При этом срабатывает реле *РВ* и своими контактами разрывают цепи питания контакторов *1К, 1ВК, 2К, 2ВК*. Электродвигатели компрессоров *1ДК*, *2ДК* и вентиляторов конденсаторов *1ДВК*, *2ДВК* останавливаются. Холодильно-нагревательные установки *1* и *2* не работают. Лампы $Л_{1М}$, $Л_{2М}$ гаснут. Для отключения режима охлаждения переключатель *ВХ* кратковременно нажимают вниз. Напряжение –24 В через контакты переключателя *ВХ* по магистрали *2*, через контакт реле *Р* поступает на

катушку реле *РХ*. Реле *РХ* обесточивается и разрывает цепь питания лампы $Л_{РХ}$. Лампа $Л_{РХ}$ гаснет.

Процесс остановки закончен, переключатель *ПВ2* отпускают.

Для пуска установок в режиме отопления переключателем выбора вагона *ПВ* подключают блок реле управления выбранного магистральным цепям управления. Затем переключатель *ВТ* кратковременно нажимают вверх. Напряжение +24 В через контакты переключателя *ВТ* по проводу *3*, через контакты *3–13* реле *Р* поступает на катушку реле *РТ*, которое, сработав, становится на самопитание по цепи: +24 В, контакты реле *РТ*, резистор $R_{РТ}$. Контакты реле *РТ* подготавливают цепи включения контакторов *1П, 2П*. Режим отопления задан, о чем сигнализирует лампа $Л_{РТ}$.

Для включения первой установки переключатель *ВТ'* кратковременно нажимают вверх. В грузовом вагоне срабатывает реле *1РА* и становится на самопитание.

Замкнувшимся контактом *1-3* реле *1РА* включает контактор *1ВИ*, а контактом *2–4* подготавливают цепь включения контактора *1П*. При срабатывании контактора *1ВИ* его замкнувшимися силовыми контактами включается электродвигатель первого вентилятора испарителя *1ДВИ*, а замкнувшимся блокировочным контактом напряжение подается на катушку контактора *1П* по цепи: замкнувшиеся контакты *1ВИ*, катушка *1П*, замкнутые контакты *2–4* реле *1РА*.

Контактор *1П*, сработав, силовыми контактами включает электропечь *1ЭП*, а замкнувшимся блокировочным контактом подает питание на лампу $Л_{1М}$. Первая холодильно-нагревательная установка работает на отопление. На блоке управления горят лампы $Л_{РТ}$, $Л_{1РА}$, $Л_{1М}$.

Для включения второй установки переключатель *В2'* кратковременно нажимают вверх. При этом срабатывает реле *2РА* и становится на самопитание. Своими контактами оно замыкает цепь катушки контактора *2ВИ* и подготавливает цепь включения контактора *2П*. Контактор *2ВИ* срабатывает, включает электродвигатель вентилятора испарителя *2ДВИ*, а своим замкнувшимся блокировочным контактом включает контактор *2П* по цепи: замкнувшиеся контакты контактора *2ВИ*, катушка *2П*, замкнувшиеся контакты реле *РТ* и контакты *2–4* реле *2РА*.

Контактор *2П*, сработав, силовыми контактами включает электропечь *2ЭП*, а блокировочным контактом включает сиг-

нальную лампу $Л_{2M}$. Вторая установка работает на отопление. На блоке управления горят лампы $Л_{PT}$, $Л_{2PA}$, $Л_{2M}$. Переключатель *ПВ2* возвращают в исходное положение.

Для отключения отопительных установок переключателем *ПВ2* вновь подключают блок реле управления второго вагона к цепям управления *ГРЩ*. Переключатели *В1'*, *В2'* поочередно кратковременно нажимают вниз. Напряжение –24 В через контакты переключателей *В1'* (*В2'*) по проводам 5(6) через контакты *51–11* (*6–10*) реле *Р* поступает к катушкам реле *1РА* (*2РА*) блока реле управления, которые обесточиваются и своими контактами разрывают цепи питания контакторов соответственно *1ВИ*, *1П* (*2ВИ*, *2П*). Контакторы отключают электродвигатели *1ДВИ* (*2ДВИ*) и электропечи *1ЭП* (*2ЭП*). Лампы $Л_{PA}$, $Л_{1M}$, $Л_{2PA}$, $Л_{2M}$ гаснут. Установки *1* и *2* отключены.

Для отключения режима отопления кратковременно нажимают переключатель *ВТ* вниз. Напряжение –24 В через контакты переключателя *ВТ* по проводу *3*, через контакты *3–13* реле *Р* поступает к катушке реле *РТ*. Реле обесточивается и размыкает свои контакты в цепи самоблокировки. Лампа $Л_{PT}$ гаснет. Переключатель *ПВ2* отпускают.

Работа в режиме оттаивания производится в процессе работы установки в режиме охлаждения.

Для включения режима оттаивания необходимо в вагоне-дизель-электростанции кратковременно нажать переключатель *ВТ* вверх, предварительно выключателем *ПВ* выключив реле-коммутатор *Р*.

В грузовом вагоне срабатывает реле *РТ*, которое своими контактами разрывает цепь соленоидов *1СВ*, *2СВ*; включается реле *РОТ* по цепи: +24 В, контакты реле *РХ* и *РТ*, –24 В. Реле *РОТ* своими контактами разрывает цепи питания контакторов *1ВК, 1ВИ, 2ВК, 2ВИ*. Отключаются электродвигатели вентиляторов *1ДВК, 1ДВИ, 2ДВК, 2ДВИ*. Контакторы *1ВК*, *2ВК*, отключившись, своими контактами замыкают цепи питания соленоидов оттайки *1СОТ, 2СОТ*.

В режиме оттаивания работают только компрессоры установок. На блоке управления вагона-дизель-электростанции горят лампы $Л_{PX}$, $Л_{1PA}$, $Л_{1M}$, $Л_{2PA}$, $Л_{2M}$, $Л_{PT}$.

Для отключения режима оттаивания необходимо включить реле-коммутатор *Р*, а затем кратковременно нажать вниз переключатель *ВТ*, после чего реле *РТ* в грузовом вагоне обесточи-

вается, установка перейдет на работу в режиме охлаждения, а на блоке управления в вагоне-дизель-электростанции гаснет сигнальная лампа $Л_{РТ}$.

Для включения режима вентиляции переключателем *ПВ2* подключают блок реле управления к магистральным цепям управления. Затем переключатель *ВВИ* кратковременно нажимают вверх. Напряжение +24 В через контакты переключателя *ВВИ*, по проводу *4*, через контакты *4–12* реле *Р*, поступает на катушку реле *РВИ*, которое, сработав, замыкает цепь питания катушек контакторов *1ВИ* и *2ВИ*. Контакторы *1ВИ* и *2ВИ* включают электродвигатели *1ДВИ*, *2ДВИ*. Замкнувшиеся блокировочные контакты *1ВИ*, *2ВИ* и *РВИ* создают основную цепь питания катушки реле *РВИ*. Реле *РВИ* самоблокируется. На блоке управления загорается лампа $Л_{РВИ}$, получая питание по цепи: +24 В, контакты контакторов *2ВИ*, *1В1*, контакты *12–4* реле *РВИ*, провод и резистор $R_{РВИ}$, лампа $Л_{РВИ}$, резистор *R3*.

Режим вентиляции задан. В грузовом вагоне работают вентиляторы испарителя, а в вагоне-дизель-электростанции на блоке управления горит сигнальная лампа $Л_{РВИ}$. Переключатель *ПВ2* отпускают.

Для отключения вентиляторов испарителя нажимают переключатель *ПВ2* вверх. Кратковременным нажатием вниз переключателя *ВВИ* отключают реле *РВИ* грузового вагона. Реле *РВИ*, отключившись, своими контактами разрывает цепь питания контакторов *1ВИ* и *2ВИ*. Контакторы обесточиваются и своими контактами размыкают цепь питания катушки реле *РВИ* и отключают электродвигатели вентиляторов испарителя. Переключатель *ПВ2* отпускают. Лампа $Л_{РВИ}$ гаснет.

При автоматическом управлении пуск и остановка холодильно-нагревательных установок также осуществляется подачей импульсов в цепи управления. Эти операции производятся автоматически программно-временным блоком.

10.2.4. Схема объединенной системы управления

Программно-временной блок (*ПВБ*) является (рис. 10.20) одним из основных элементов системы автоматического управления. Эта система объединяет два показывающих прибора *КМ1* и *КМ2* (компенсаторы переменного тока) с фильтрами питания, выходные реостатные устройства *РУ1* и *РУ2*, датчики температу-

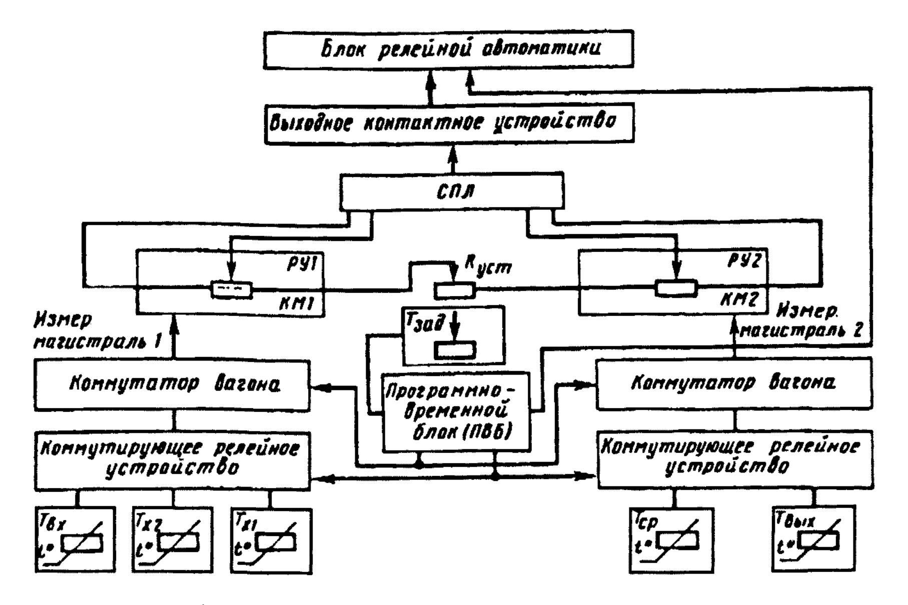


Рис. 10.20. Структурная схема системы автоматического управления ХНУ

ры (терморезисторы), установленные в каждом грузовом вагоне ($T_{вх}$, $T_{вых}$, T_{X1}, T_{X2}, $T_{ср}$), задатчики температуры регулирования $T_{зад}$, прибор *СПЛ* типа 160-036 с выходным контактным устройством, корректирующий резистор $R_{уст}$, две измерительные магистрали, коммутаторы вагонов, коммутирующее релейное устройство (в грузовых вагонах) и блок релейной автоматики.

По программе, заложенной в *ПВБ*, включается коммутатор вагона и через коммутирующее релейное устройство к приборам по измерительным магистралям подключаются соответствующие терморезисторы и задатчик температуры.

Показывающие приборы измеряют температуру в вагонах, а также указывают заданную температуру регулирования. Измеренная температура сравнивается с заданной, кроме того, сравниваются температуры воздуха на входе в воздухоохладитель и на выходе из него.

В целом система регулирования настроена при помощи резистора $R_{уст}$ так, что при равенстве показаний приборов *КМ1* и *КМ2* указатель прибора *СПЛ* устанавливается на середине шка-

лы. При разнице показаний приборов указатель *СПЛ* смещается от положения равновесия влево или вправо в зависимости от знака разности показаний, воздействуя при этом на выходные контактные устройства. Электрические сигналы от выходных контактных устройств по команде *ПВБ* подаются на релейный блок автоматики, в котором в зависимости от соотношения сравниваемых температур формируется команда на включение (+24 В) или на отключение (–24 В) установок.

Задатчиком температуры регулирования можно устанавливать 11 температурных диапазонов регулирования.

В автоматическом режиме работы не исключается возможность ручного принудительного включения установки, но в этом случае установка будет работать в пределах заданного диапазона.

В отдельные блоки (программно-временной блок и блок автоматики) выделены аппараты, участвующие только в работе схемы автоматического регулирования температуры. Без установки этих блоков схема дает возможность ручного дистанционного управления холодильно-нагревательными установками и выборочного контроля температуры.

Программно-временный блок (*ПВБ*) состоит (рис. 10.21) из блока выдержки времени, двух шаговых искателей *1ШИ*, *2ШИ* и пяти реле.

В программно-временном блоке применены два шаговых искателя: *1ШИ* и *2ШИ*.

После задания режима автоматического регулирования температуры в грузовых вагонах и подачи питающего напряжения на программно-временной блок начинает работать блок выдержки времени. В исходном положении все реле программно-временного блока обесточены. Блок выдержки времени обеспечивает периодическое замыкание (на 3–4 с) контактов реле *Р1*, включающих шаговый искатель *1ШИ*. Его щетки начинают перемещаться по ламелям до тех пор, пока не попадут на ламель, выдающую сигнал на включение реле *Р* одного из грузовых вагонов, например, первого. С ламели *2* положительный сигнал подается в магистральный провод *19* и в первом грузовом вагоне включается реле *Р′* (рис. 10.22). Замкнувшимися контактами *13–15* и *14–16* реле *Р′* в проводе *1* грузового вагона в провод *20* подается положительный сигнал, и в дизельном вагоне включается реле *РП5*. Кроме того, реле *Р′* подключает цепи управления и контроля первого вагона к магистральным проводам.

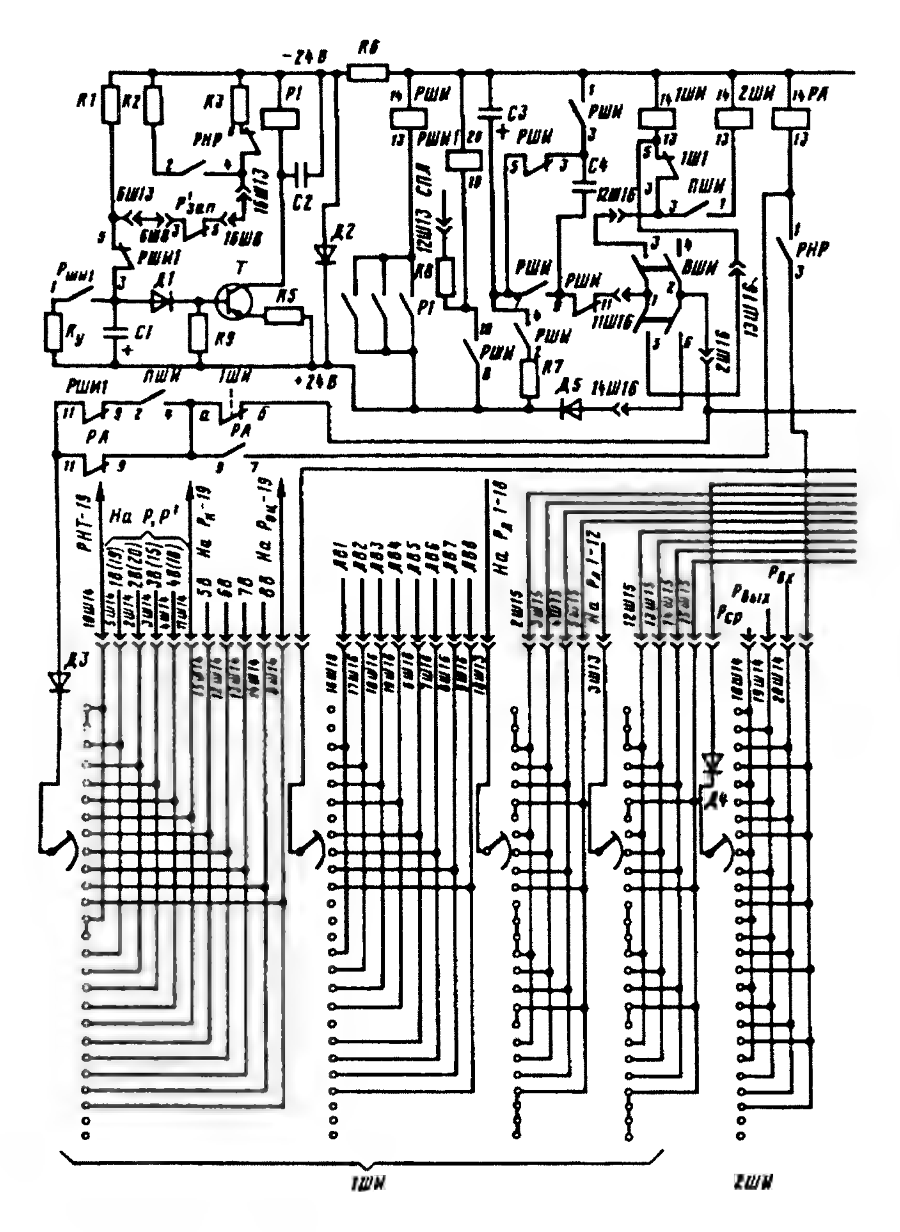
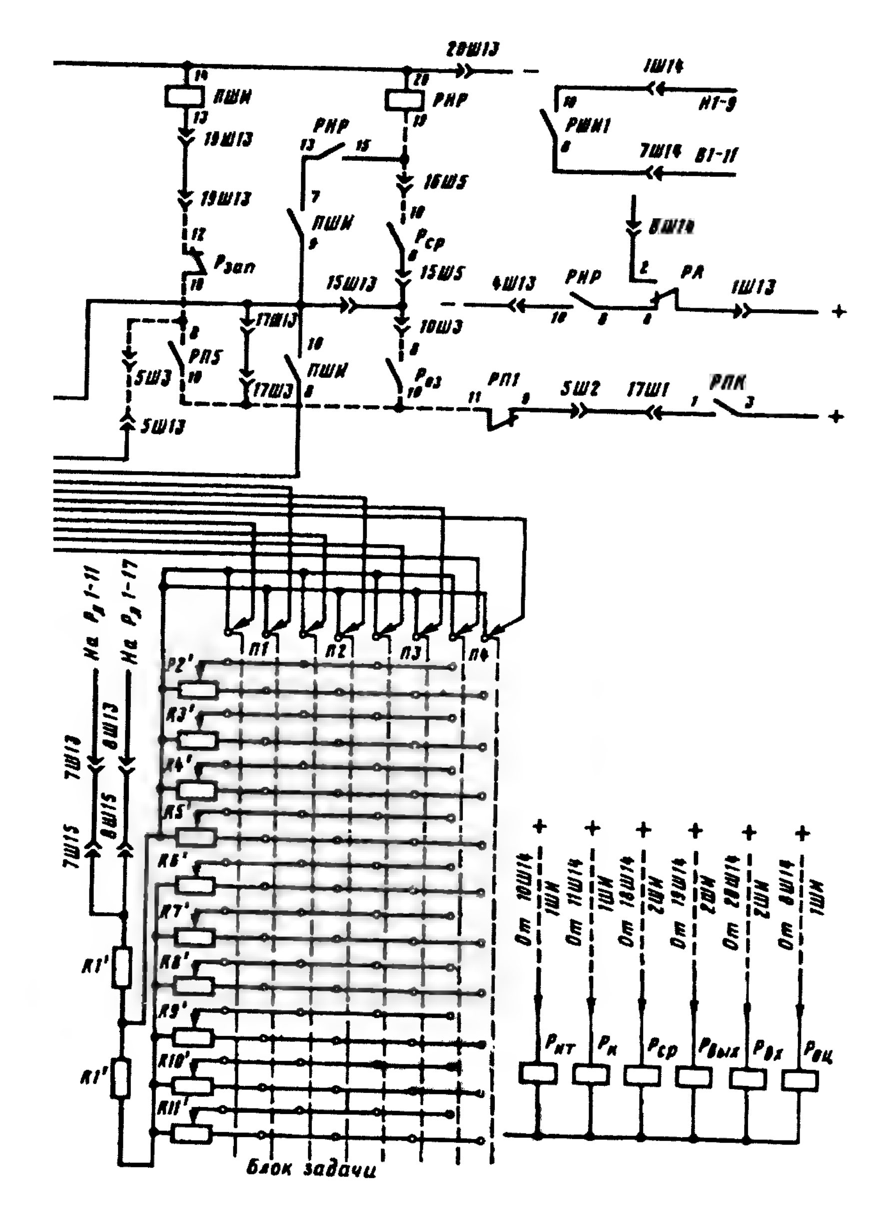


Рис. 10.21. Схема программно-



менного блока (ПВБ)

Дизельный вагон

Грузовой вагон

Блок реле контроля температуры

Рис. 10.22. Схема подключения термодатчиков

Первый шаговый искатель останавливает щетки на ламели ервого вагона, а второй шаговый искатель начинает работать. торой шаговый искатель перемещает щетки до тех пор, пока ни не попадут на ламель, выдающую команду на включение $P_{ср}$. При попадании на такую ламель включается реле *P*, которое воими контактами *8–10* включает реле *РНР*. Оно включает саопишущий прибор и изменяет время выдержки. Теперь блок ыдержки времени выдает импульсы через 8–12 сек.

В режиме автоматического регулирования первый шаговый скатель поочередно подключает вагоны к магистральным проодам *1В* (19), *2В* (20), *3В* (15), *4В* (16), а второй поочередно дает игналы на включение реле $P_{ср}$, $P_{вых}$, $P_{вх}$ и *РА*, которые подключаот терморезисторы $T_{ср}$, $T_{вых}$ к измерительным магистралям *–12* и к компенсатору *КМ2*, а терморезисторы $T_{зад}$, $T_{вых}$, T_{X1}, T_{X2} — магистралям *21–24* и компенсатору *КМ1*. Порядок подачи сигалов шагового искателя на реле приведен ниже:

Подача сигнала шагового искателя

на реле	$P_{ср}$	$P_{вых}$	$P_{вх}$	*РА*

Подключаемый датчик к приборам:

КМ1	$T_{зад}$	$T_{зад}$	*Твх*	T_{X1}
КМ1	$T_{ср}$	$T_{вых}$	$T_{вх}$	$T_{ср}$.

Перед подключением очередного терморезистора подается итание на сигнальные контакты реле *В1, В2, Н1, Н2* самопишуего прибора *СПЛ*, управляющие автоматическим включением ли выключением холодильно-отопительных установок. В коне опроса каждого вагона выдается питание на схему аварийной игнализации холодильных установок.

10.2.5. Автоматическое управление холодильно-нагревательными установками

Электрическая схема цепей управления обеспечивает автомаическое управление первой, второй или одновременно двумя олодильно-нагревательными установками во всех грузовых ваонах. При этом, если на автоматическом управлении находятся ервые (вторые) установки, то вторыми (первыми) можно упавлять вручную в каждом грузовом вагоне.

Процесс регулирования осуществляется непрерывно последоательным опросом каждого грузового вагона и подачей необхоимых команд, об исполнении которых сигнализируют (рис. 10.23)

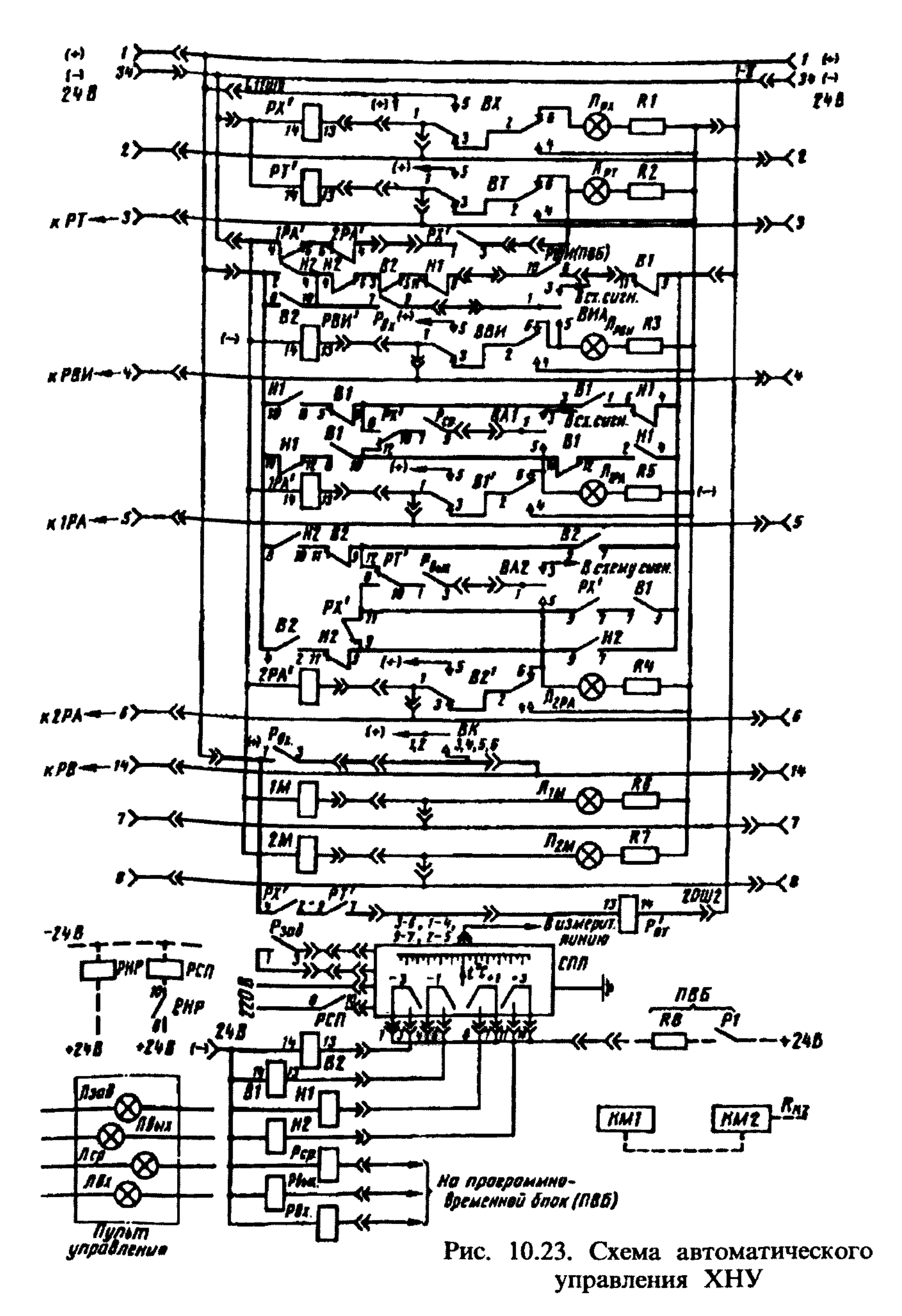


Рис. 10.23. Схема автоматического управления ХНУ

сигнальные лампы $Л_{зад}$, $Л_{вых}$, $Л_{ср}$, $Л_{вх}$, а также $Л_{рх}$, $Л_{рт}$, $Л_{рви}$, *Л1ра*, $Л_{2ра}$, $Л_{1м}$, $Л_{2м}$.

Команда для управления *ХНУ1* формируется при контроле температуры в средней зоне, для управления *ХНУ2* при контроле температуры в средней зоне и на выходе воздуха из воздухоохладителя. Команды для управления работой вентиляторов-циркуляторов в автоматическом режиме определяются перепадом температур воздуха на входе в воздухоохладитель и на выходе из него.

Если сравниваемые температуры различны, например температура в вагоне отличается от заданной, стрелка прибора *СПЛ* смещается. Смещение стрелки зависит от разницы температуры, фиксируемой показывающими приборами. При этом стрелка воздействует на выходное контактное устройство *СПЛ* (рис. 10.23), которое состоит из четырех сигнальных контактов и реле *В2, В1, Н1, Н2*. Контактные устройства устанавливаются при наладке прибора *СПЛ* по разнице показаний *КМ1* и *КМ2*, величина которой соответствует следующим значениям: *В2* — (–3°С); *В1* — (–1°С); *Н1* — (+1°С); *Н2* — (+3°С). Шкала для установки контактных устройств по разнице температур не соответствует шкале при измерении абсолютных значений.

При движении стрелки *СПЛ* из крайнего правого положения в левое контактные устройства *Н2, Н1* размыкаются, а *В1*, *В2* — замыкаются. При обратном движении стрелки *СПЛ* контакты сигнальных устройств *В1*, *В2* размыкаются, а *Н1, Н2* — замыкаются. К контактным сигнальным устройствам *В1, В2, Н1, Н2* подключены одноименные реле *В1, В2, Н1, Н2*, которые формируют команду, подаваемую СПЛ. Эти реле, а также реле *РХ*, *РТ*, $Р_{ср}$, $Р_{вых}$, $Р_{вх}$ объединены в блок реле автоматики. Его назначение — выдавать на магистральные провода управления *2–8*, а также на реле *1РА, 2РА, РВИ*, находящиеся в грузовых вагонах, сигналы +24 В или –24 В для управления холодильно-нагревательными установками.

При включенном *ПВБ* устанавливают среднюю температуру регулирования. Эта температура задается переключателем на блоке задачи при включенных сигнальных лампах (на блоке сигнализации вагонов) и нажатом переключателе остановки шагового искателя *ПВБ*. Устанавливаемая при этом температура регулирования контролируется первым показывающим прибором.

Далее в силовые магистрали подают питание. Переключатели *ВА1* (см. рис. 10.23), *ВА2, ВИА* переводят в положение «Автоматическое» (вверх). При этом подается питание на катушку реле *РПК* через замыкающие контакты *10–8* реле *РН*, контакты *2–6* одного из переключателей *ВА1*, *ВА2*, *ВИА*. Питание подается также на *ПВБ* через контакты *3–1* реле *РПК*. Начинается процесс автоматического контроля температуры и управления холодильно-нагревательными установками всех вагонов.

Режим охлаждения. По команде программно-временного блока к магистральным проводам подключаются цепи управления и контроля температуры грузового вагона замыкающимися контактами его реле. При опросе грузового вагона по проводу *2* получают питание реле *РХ'* и лампа *Лрх*, включение которой сигнализирует о заданном режиме работы холодильно-нагревательных установок.

В начале цикла регулирования включаются реле $Р_{ср}$ (в вагоне-дизель-электростанции) и реле *РНР* (реле начала регулирования на *ПВБ*). Последнее подает питание на реле *РСП*, а через контакты *10–8* реле *РСП* на прибор *СПЛ*. Включенные приборы *КМ1* и *КМ2* покажут температуру, определяемую положением переключателя на задающем блоке и температуру в средней зоне этого грузового вагона. Загораются лампы $Л_{зад}$ и $Л_{ср}$.

Если температура в вагоне выше заданной более чем на 3°С, стрелка прибора *СПЛ* отклонится вправо и замкнет контакты *Н1, Н2*. Напряжение +24 В через замкнутые контакты реле *Р1*, резистор *R8* (на *ПВБ*), контакты сигнального устройства *СПЛ* поступает на реле *Н1*, которое включается. Через контакты *10–8* реле *Н1*, контакты *5–3* реле *В1*, контакты *8-10* реле *РХ'*, контакты *7–9* реле $Р_{ср}$, а также контакты *1–5* переключателя *ВА1* и контакты *6-2-3-1* переключателя *В1* в провод *5* подается кратковременный сигнал +24 В. В грузовом вагоне включается реле *1РА*, а в вагоне-дизель-электростанции реле *1РА'* и сигнальная лампа $Л_{1ра}$, сигнализирующая о включении реле *1РА* в грузовом вагоне. Когда температура в грузовом вагоне вследствие работы *ХНУ* станет ниже заданной более чем на 1°С, стрелка прибора *СПЛ* (при том же положении шаговых искателей *ПВБ* и включении реле $Р_{ср}$) сместится влево. Замкнутся контакты сигнального устройства *В1*, и включится реле *В1*. Импульс –24 В через контакты *1–3* реле *В1*, контакты *4–6* реле *Н1*, контакты *8–10* реле *РХ'*, контакты *7-9* реле $Р_{ср}$, контакты *1–5* переключателя *ВА1*, контакты *6-2-3-1* выключа-

теля *В1'* подается в провод *5*. В грузовом вагоне отключится реле *1РА*, а в вагоне-дизель-электростанции — реле *1РА'* и погаснет лампа $Л_{1РА}$.

Таким образом, если контролируемая температура в средней части грузового вагона выше заданной на 1°С, выдается команда на включение *ХНУ1*, и если контролируемая температура ниже заданной на 1°С, выдается команда на отключение *ХНУ1*.

Команда для включения второй холодильно-нагревательной установки формируется, когда программно-временной блок переключается и на пульте управления загораются лампы $Л_{зад}$ и $Л_{ср}$, а затем $Л_{зад}$ и $Л_{вых}$. Стрелка *СПЛ* в зависимости от соотношения температуры в средней зоне ($Т_{ср}$) и температуры на выходе воздуха из испарителя ($Т_{вых}$), и заданной температуры регулирования отклонится более чем на 3°С. Замкнутся контакты сигнального устройства, и включится реле *Н2* (также после включения реле *Р1* на *ПВБ*).

В результате этого кратковременный импульс +24 В, равный времени срабатывания реле *Р1* на *ПВБ*, поступает через контакты *8–10* реле *Н2*, контакты *11–9* реле *В2*, контакты *12–10* реле *РТ'*, контакты *1–3* реле $Р_{вых}$, контакты *1-5* переключателя *ВА2*, контакты *6-2-3-1* переключателя *В2'*, в провод *6*. В грузовом вагоне включится реле *2РА* и подготовится цепь включения компрессора *ХНУ2*, а в вагоне-дизель-электростанции включится реле *2РА'* и загорится лампа $Л_{2РА}$.

Если при том же положении шаговых искателей, когда включено реле $Р_{вых}$ в дизельном вагоне и температура на выходе воздуха из испарителя в грузовом вагоне достигла значения ниже заданного более чем на 3°С, то через включенный контакт *В2* сигнального устройства *СПЛ* включится реле *В2*. Кратковременный импульс – 24 В по цепи: контакты *79* реле *В2*, контакты *12–10* реле *РТ'*, контакты *1–3* реле $Р_{вых}$, контакты *1–5* переключателя *ВА2*, контакты *6-2-3-1* переключателя *В2'* подается в провод *6*. В грузовом вагоне отключится реле *2РА*, а в вагоне-дизель-электростанции — реле *2РА'*, погаснет лампа $Л_{2РА}$. Подготовится цепь для отключения контактора электродвигателя компрессора *ХНУ2*.

Режим вентиляции. Команда для автоматической работы вентиляторов-циркуляторов формируется, когда второй шаговый искатель (*ШИ2*) *ПВБ* переключится на следующую ламель. В вагоне-дизель-электростанции включится реле $Р_{вх}$ и на пульте управления загорятся лампы $Л_{вх}$ и $Л_{вых}$. Приборы *КМ1* и *КМ2* пока-

жут температуру воздуха на входе в испаритель ($T_{вх}$) и выходе из него ($T_{вых}$). При разнице температур $T_{вх}$ и $T_{вых}$ более чем на ±3°С стрелка *СПЛ* смещается влево или вправо, вызывая при срабатывании реле *Р1* (на *ПВБ*) включение реле *В2* или *Н2* через соответствующие контакты сигнального устройства *СПЛ*. Кратковременный импульс-напряжение +24 В поступает в провод *4*, в грузовом вагоне срабатывает реле *РВИ*, о включении которого сигнализирует лампа $Л_{рви}$. Одновременно в вагоне-дизель-электростанции включается реле *РВИ'*.

Отключение вентиляционной установки в грузовом вагоне происходит, когда разница между температурами $T_{вх}$ и $T_{вых}$ станет менее 1°С. Тогда по цепи: контакты *9–11* реле *В1*, контакты *8–10* реле *РШИ* (находится на *ПВБ*), контакты *9–11* реле *Н1*, контакты *5–3* реле *В2*, контакты *6-4* реле *Н2*, контакты *7-9* реле $Р_{вх}$, контакты *1–5* переключателя *ВИА*, контакты *6-2-3-1* переключателя *ВВИ* импульс –24 В подается в провод *4*. Реле *РВИ* в грузовом вагоне и реле *РВИ'* в вагоне-дизель-электростанции отключаются, лампа $Л_{рви}$ гаснет.

Управление компрессором холодильной установки. После формирования и подачи команд на включение или отключение реле *1РА* и реле *2РА* в грузовом вагоне и переключении шагового искателя *ПВБ* подается питание на реле *Р* (в вагоне-дизель-электростанции). Это реле своими замыкающими контактами *2–3* подает питание +24 В на провод *14*. Реле *РВ* в грузовом вагоне срабатывает и остается включенным в течение времени срабатывания реле $Р_{ср}$ в вагоне-дизель-электростанции. При включенном реле *1РА* и *2РА* в грузовом вагоне замыкающимися контактами реле *РВ* (см. рис. 10.18) подается питание на контакторы *1К* и *2К* электродвигателей компрессоров. О включении компрессора сигнализируют лампы $Л_{1Л}$, $Л_{2М}$, питание на которые подается по магистральным проводам *7* и *8*. Одновременно срабатывают реле *1М* и *2М* (см. рис. 10.23).

При отключенных реле *1РА* и *2РА* включением реле *РВ* обеспечивается отключение контакторов, размыкающих цепь питания двигателей компрессоров. Лампы $Л_{1М}$, $Л2_{М}$ и реле *1М* и *2М* выключаются.

На этом процесс автоматического управления холодильными установками и режимом вентиляции для данного вагона прекращается и возобновляется только после опроса остальных грузовых вагонов. Шаговые искатели *ПВБ* подключают следую-

щий грузовой вагон, и происходит автоматическое управление холодильными установками этого вагона.

Режим оттаивания. Необходимость этого режима определяется персоналом, а начало процесса задается вручную.

Режим оттаивания включается в выбранном грузовом вагоне при работающих *ХНУ* в режиме охлаждения переводом переключателя *ВТ* в верхнее положение. При этом в грузовом вагоне включается реле *РТ* и $P_{от}$; установки переходят на работу в режиме оттаивания, а в вагоне-дизель-электростанции включается реле $P'_{от}$ по цепи: +24 В, замыкающие контакты *4–2* реле *РХ'*; замыкающие контакты *9–7* реле *РТ* реле $P'_{от}$, –24 В, которое установлено на блоке реле контроля.

Для автоматического окончания процесса оттаивания переключатели *ВА1* и *ВА2* (см. рис. 10.23) должны стоять в положении «Автоматическое». Тогда при работе *ПВБ* во время опроса вагона, в котором задан режим оттаивания, автоматически измеряется температура хладона первой и второй холодильно-нагревательных установок. Температура хладона сравнивается с заданной температурой, которая устанавливается контрольным резистором $P_{К2}$ (см. рис. 10.22).

Реле $P'_{от}$, сработав, своими размыкающими контактами *10-12* разрывает цепь питания реле *РП* и *РЛ2*. При этом размыкающие контакты реле *РЛ2* подключают к прибору *КМ2* резистор $R_{К2}$, являющийся в данном режиме задатчиком температуры (*КМ2* будет показывать температуру +15°С). Реле *РЛ1* включается и своими замыкающими контактами подключает магистральные провода *21-24*, к которым в грузовом вагоне через реле $P_{Х1}$ и $P_{Х2}$ подключены соответствующие датчики температуры.

В положении шаговых искателей *ПВБ*, когда выбран регулируемый вагон и включено реле $P_{ср}$ по цепи: контакты *10–12* реле *РП2*, контакты *10–12* реле $P_{вх}$, контакты *11–9* реле $P_{вых}$ подается напряжение +24 В на провод *27* и включается реле *РХ1* в грузовом вагоне. Реле *РХ1* своими контактами подключает к измерительной магистрали первый датчик, температура которого измеряется прибором *КМ1*. К прибору *КМ2* подключен резистор $P_{К2}$. При превышении температуры первого датчика более чем на 1°С температуры, соответствующей сопротивлению резистора $P_{К2}$, стрелка прибора *СПЛ*, смещаясь влево, замкнет контакт сигнального устройства (см. рис. 10.23) и при срабатывании реле *Р1* (на *ПВБ*) включится реле *В1*.

По цепи: контакты *4–6* реле *Н1*, контакты *1–3* реле *РТ*, контакты *8–10* реле *РХ*, контакты *7–9* реле РСР, контакты *1–5* переключателя *ВА1*, контакты *6-2-3-2* переключателя *В1′* в провод 5 подается напряжение –24 В. В грузовом вагоне отключается реле *1РА*.

По следующей команде *ПВБ* включится реле $Р_{вых}$. Так как реле $Р_{от}$ включено, то по цепи (см. рис. 10.22): контакты *10-12* реле *РП2*, контакты *10–8* реле $Р_{вых}$, контакты 7-9 реле $Р'_{от}$ +24 В подается в провод *29* и в грузовом вагоне включается реле $Р_{Х2}$ (переключатель *ВА2* — в верхнем положении). Если при этом замеренная температура второго датчика выше контрольной более чем на 1°С, замкнувшимся контактом сигнального устройства включается реле *В1* (см. рис. 10.23) и по цепи контакты *7–9* реле *В1*, контакты *7–9* реле *РХ′* контакты *8–11* реле *РТ′*, контакты *1–3* реле $Р_{вых}$, контакты *1–5* переключателя *ВА2*, контакты *6-2-3-1* переключателя *В2′* напряжение –24 В подается на провод *6* и реле *2РА* в грузовом вагоне отключается. При отключении реле *1РА* и *2РА* в грузовом вагоне также отключается реле *1РА′* и *2РА′* в дизельном вагоне, которые своими размыкающими контактами (соответственно *4–6* и *6–4*) через контакты *1–3* реле *РХ′*, контакты *6-2-3-1* переключателя *ВТ* подает –24 В на провод 3. Реле *РТ* в грузовом вагоне отключается, лампа $Л_{рт}$ гаснет и холодильно-нагревательные установки автоматически переключаются на режим охлаждения. Так как переключатели *ВА1* и *ВА2* находятся в положении «Автоматическое», то в вагоне автоматически будет поддерживаться заданный температурный режим. Реле *РОТ* в грузовом вагоне и реле *РОТ′* в дизельном вагоне отключаются.

Режим отопления. Предварительно задают требуемый режим в каждом вагоне. Включение первой группы электропечей происходит при условии, что температура в средней зоне вагона $Т_{ср}$ ниже заданной более чем на 1°С. Импульс +24 В подается по цепи: контакты *10–12* реле *Н1*, контакты *8–10* реле *В1*, контакты *12–10* реле *РХ′*, контакты *7–9* реле *Р*, контакты *1–5* переключателя *ВА1*, контакты *6-2-3-1* переключателя *ВТ* на провод *5*. В грузовом вагоне включается реле *1РА*, загорается лампа $Л_{1РА}$ на панели управления.

Отключение режима отопления произойдет при разнице температуры более чем на 1°С и отклонении стрелки на СПЛ вправо (сработает реле *Н1*). На провод *5* подается кратковременный

импульс –24 В по цепи: контакты *4–2* реле *Н1*, контакты *12–10* реле *В1*, контакты *12–10* реле *РХ'*, контакты *7–9* реле $Р_{ср}$, контакты *1–5* переключателя *В1*, контакты *6-2-3-1* переключателя *В1*, в результате чего реле *1РА* в грузовом вагоне отключается, а лампа $Л_{1РА}$ на панели управления гаснет.

Команды для управления второй группой электропечей формируются при контроле температуры в средней зоне и на выходе из испарителя и сравнении этих температур с заданной. Импульс +24 В на включение реле *2РА* в грузовом вагоне поступает в провод *6* по цепи: контакты *4–2* реле *В2*, контакты *11–9* реле *Н2*, контакты *11–9* реле РХ, контакты *8–10* реле *РТ*, контакты *1–3* реле $Р_{вых}$, контакты *1–5* переключателя *ВА2'*, контакты *1–5* переключателя *ВА2* и контакты *6-2-3-1* переключателя *В2*. Напряжение –24 В для отключения реле *2РА* в грузовом вагоне подается по цепи: контакты *7–9* реле *Н2*, контакты *11–9* реле *РХ*, контакты *8–10* реле *РТ*, контакты *1–13* реле $Р_{вых}$, контакты *3–1* переключателя *ВА2'*, контакты *1–5* переключателя *ВА2*, контакты *6-2-3-1* переключателя *В2*, провода *6*.

В режиме отопления при срабатывании реле *1РА* и *2РА* (см. рис. 10.18) в грузовом вагоне замыкающимися контактами *1П* и *2П* подается питание на магистральные провода *7, 8*. О включении нагревательных установок сигнализируют лампы $Л_{1М}$ и $Л_{2М}$. Включаются также реле *1М, 2М*. При отключении реле *1РА* и *2РА*, реле *1М* и *2М* лампы $Л_{1М}$, $Л_{2М}$ выключаются.

10.2.6. Схема аварийно-предупредительной сигнализации и переговорного устройства

Аварийно-предупредительная сигнализация срабатывает при возникновении отклонений в работе холодильно-нагревательных установок, нарушении температурного режима в грузовых вагонах, в вагоне-дизель-электростанции, при возникновении очагов возгорания в вагоне-дизель-электростанции и открытии дверей грузовых вагонов. В каждом случае включается звуковая и световая сигнализация.

Работу схемы аварийно-предупредительной сигнализации обеспечивают блок реле сигнализации, блок управления и блок автоматики. При работе схемы в режиме автоматического регулирования (рис. 10.24) переключатели *ВА1* и *ВА2* установлены в положение автоматического управления и *ПВБ* поочередно по-

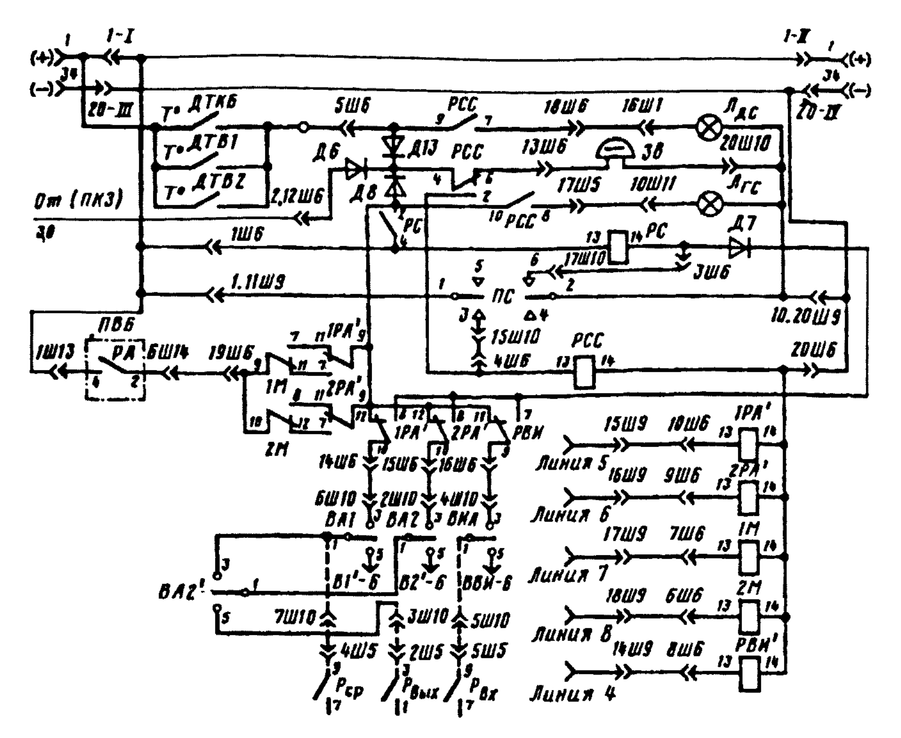


Рис. 10.24. Схема аварийно-предупредительной сигнализации

дает команды на включение или отключение холодильно-нагревательных установок в грузовых вагонах. Информация об их работе передается по магистральным проводам (линии *4–8*), к которым подключены реле *1РА'*, *2РА'*, *1М*, *2М*, *РВИ'*.

При работе *ПВБ* после проверки температуры во всех контролируемых точках грузового вагона (включаются реле $Р_{ср}$, $Р_{вых}$, $Р_{вх}$) замыканием контактов *2–4* реле *РА* подается напряжение +24 В в цепь проверки выполнения команды, образованную контактами *7-9-11* реле *1М*, контактами *7-9-11* реле *1РА'*, контактами *10-8-12* реле *2М* и контактами *11-9-7* реле *2РА'*.

Если подана команда на включение (например, первой установки) и реле *1РА'* включено, а холодильная машина не включилась или не сработало реле контроля смазки (реле *1М* не включилось), то по цепи: +24 В, контакты *4–2* реле *РА*, контакты *9–11* реле *1М*, контакты *7–9* реле *1РА'*, диод *Д8*, контакты *4–6*

реле *РСС* включится звонок $З_в$. Он остается включенным в течение времени включения реле *РА* и отключения при переключении *ПВБ* на опрос следующего вагона. О номере опрашиваемого в данный момент вагона сигнализирует лампа на блоке сигнализации вагонов. Если при следующем опросе этого вагона команда не выполнится (реле *РКС* не включится), то сигнализация повторится.

В том случае, если выдана команда на отключение (реле *1М* выключено), а установка не отключается (контакты *РКС* или контакты контактора *ЭП* замкнуты), также включается звуковая сигнализация.

Звуковую сигнализацию можно отключить нажатием переключателя *ПС* вниз — в положение «Съем сигнала». При этом включится реле *РСС* через контакты *1–3* переключателя *ПС* и заблокируется через свои контакты *7–9*. По цепи: +24 В, контакты *4–2* реле *РА*, контакты *9–7* или *9–11* реле *1М*, контакты *11–9* или *7–9* реле *1РА*, контакты *10–8* реле *РСС* включится лампа $Л_{гс}$, сигнализирующая о том, что неисправность находится в грузовом вагоне. Контакты *4–6* реле *РСС* разрывают цепь питания звонка 36!

При срабатывании реле *2М* и отключенном *2РА′* или при отключении *2М* и включении *2РА′* также происходит включение звонка $З_в$, сигнализирующего об аварийном режиме работы второй холодильно-нагревательной установки. О номере установки, находящейся в аварийном режиме, сигнализируют лампы на панели управления.

Для работы схемы в режиме сигнализации (ручное управление) необходимо установить переключатели *ВА1, ВА2, ВИА* в нижнее положение (сигнализация), а переключатель *ВА2′* в верхнее положение. Если температура в грузовом помещении вагона вышла за заданный предел, в схеме формирования сигналов образуется положительный или отрицательный сигнал, который подается не на магистральные провода через контакты *1-3* переключателей *ВА1, ВА2, ВИА*, контакты *1-5* переключателя *ВА2′*, а в цепь сигнализации, образованную контактами *8-10-12* реле *1РА′*, контактами *8-10-12* реле *2РА′*, контактами *7-9-11* реле *РВИ′* и при отличии команды от состояния установки подается звуковой сигнал.

Так, например, при неработающей первой холодильно-нагревательной установке, когда реле *1РА′* не включено, а температура в грузовом вагоне выше заданной (при работе на охлаж-

дение) и, следовательно, необходимо включить холодильную установку, формируется сигнал +24 В, который подается с блока автоматики через контакты *1–3* переключателя *ВА1*, контакты *10–12* реле *1РА'*, диод *Д8*, контакты *4–6* реле *РСС* на звонок $З_в$, включая сигнализацию. При работающей первой холодильно-нагревательной установке, когда реле *1РА'* включено, сформированный сигнал +24 В, определяющий необходимость включения установки, проходит через контакты *10–8* реле *1РА'*, не запирается диодом *Д7* и не включает реле *РС*.

При работающей первой установке, если образуется команда на отключение (–24 В), то через замыкающие контакты *10-8* реле *1РА'*, диод *Д7* включается реле *РС*, которое своими замыкающими контактами *4–2* подает питание на $З_в$, работает звуковая сигнализация, свидетельствующая о необходимости проверки обслуживающим персоналом температурного режима в грузовом вагоне. Аналогично схема работает при прохождении сигналов управления через переключатели *ВА2* и *ВИА*.

При повышении температуры охлаждающей воды дизелей срабатывают датчики температуры воды *ДТВ1* или *ДТВ2*. При понижении температуры в дизельном помещении срабатывает датчик *ДТКБ*.

Контакты датчиков *ДТВ1*, *ДТВ2*, *ДТКБ* включены параллельно и при срабатывании любого из них напряжение +24 В подается через диод *Д13* на звонок $З_в$, который работает непрерывно до устранения причины неисправностей.

При нажатии переключателя *ПС* вниз (съем сигнала) звуковая сигнализация отключается, так как срабатывает реле *РСС* и своими размыкающими контактами *4–6* отключает питание звонка $З_в$. Одновременно через контакты *1–9* реле *РСС* включается лампа $Л_{ДС}$, сигнализирующая об аварийных условиях работы в вагоне-дизель-электростанции. Лампа $Л_{ДС}$ горит до устранения аварийного режима. При этом, если возникнет аварийный режим в грузовом вагоне, то дополнительно загорится лампа $Л_{ГС}$.

Схемой предусмотрена возможность проверки сигнализации. Для этого нажимают переключатель *ПС* вверх (опробование сигнала), срабатывает реле *РС* и звучит звуковой сигнал. При отпускании переключателя *ПС* звонок $З_в$ отключается и схема переходит в исходное положение.

Звуковая сигнализация используется также для вызова обслуживающего персонала, находящегося в вагоне-дизель-элект-

ростанции для переговоров путем нажатия переключателя в грузовом вагоне. Вызов передается по магистральному проводу *30* и через диод *Д6* включается звонок.

Система пожарной сигнализации оповещает о повышении температуры в отдельных местах вагона-дизель-электростанции. Сигнал тревоги подается по трем линиям связи в приемное устройство *А* (рис. 10.25), по команде которого включается звонок *Н4* в служебном помещении *7*, а также звонок аварийно-предупредительной сигнализации (как дублирующий), установленный в аппаратной *3*. В кухне-салоне *4* имеется сигнальное устройство *Б*, в котором размещены сигнальные лампы и переключатель общего питания системы.

Пожарные датчики размещены: *В2, В3* — в дизельном помещении *1*, *В4* — в аппаратной 3; *В5* — над кухонной плитой; *В8* — в кухне-салоне *4*; *В1* — на поддоне котла отопления; *В7* — на потолке котельного отделения *5*; *В6* — в служебном помещении *7*. В качестве датчиков *В4, В6, В8* используются пожарные комбинированные извещатели типа *ДКП1*; в качестве датчиков *В5, В1* —

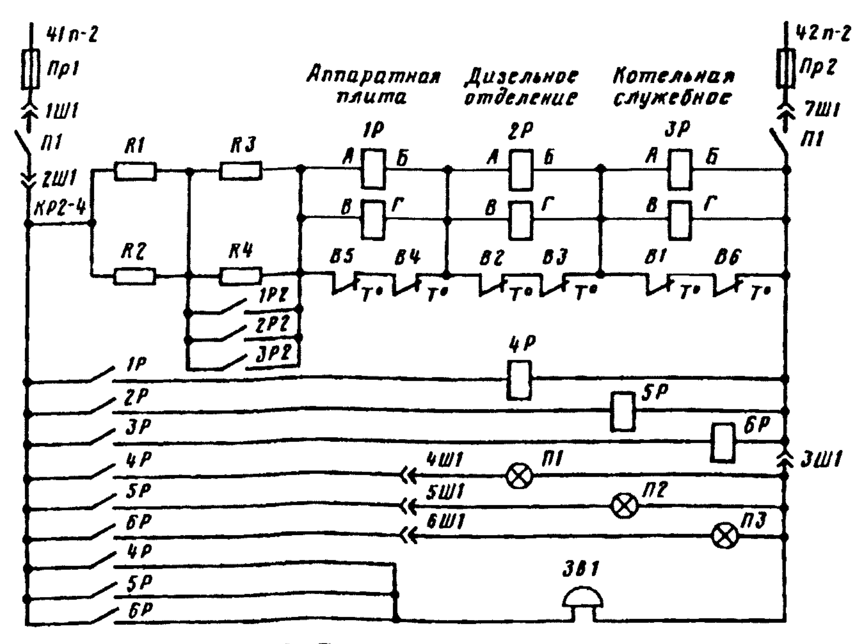


Рис. 10.25. Схема пожарной сигнализации

термовыключатели типа *АД115М-А8К*, имеющие температуру размыкания контактов 110±5°С и замыкания 80±5°С; в качестве датчиков *В2, В3, В7* — термовыключатели типа *АД155-А2К*, имеющие температуру размыкания контактов 80±10°С и замыкания 40±10°С. На некоторых секциях применена система из шести датчиков.

Система пожарной сигнализации с шестью датчиками питается от аккумуляторной батареи напряжением 24 В через провода *41п-2*, *42п-2* (рис. 10.26), предохранители *Пр1, Пр2* и выключатель *П1*. Приемное устройство объединяет реле *1Р-6Р*, предохранители *Пр1, Пр2*; сигнальное устройство, сигнальные лампы *Л1-Л3*, переключатель *П1*.

В дежурном режиме контакты датчиков *В1-В6* замкнуты, реле обесточены. При повышении температуры в одной из контролируемых точек размыкаются контакты соответствующего датчика (например, *В1* в поддоне котла отопления при повышении температуры свыше 110°С). Включается реле сигнализации *3Р*, которое своими замыкающими контактами включает реле *6Р*, а оно, в свою очередь, включит звонок *Зв1* и сигнальную лампу *Л3*.

Сигнал тревоги прекращается сразу после устранения причины нагрева и замыкания контактов сработавшего датчика. Сигнал может быть выключен также переключателем *Ш*, отключающим общее питание.



ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ И РЕФРИЖЕРАТОРНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

11.1. Система технического обслуживания электрооборудования пассажирских вагонов. Ее виды и периодичность

Весь парк пассажирских вагонов приписан к конкретным предприятиям –пассажирским вагонным депо, вагонным участкам и дирекциям по обслуживанию пассажиров. Эти предприятия ведут учет пробегов вагонов в автоматизированном и ручном (по карточкам учета) режимах и сроков технического обслуживания и ремонта вагонов и отвечают за выполнение планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания вагонов. Приказом № 9Ц от 4 апреля 1997 г. установлена следующая система технического обслуживания и ремонта пассажирских вагонов:

1. Техническое обслуживание (ТО-1) вагонов в составах и поездах на пунктах технического обслуживания (ПТО) станций формирования и оборота пассажирских поездов перед каждым отправлением в рейс, а также в поездах в пути следования.
2. Техническое обслуживание (ТО-2) вагонов перед началом летних и зимних перевозок в пунктах формирования пассажирских поездов.
3. Техническое обслуживание (ТО-3) — единая техническая ревизия основных узлов пассажирских вагонов.
4. Текущий ремонт (ТР) с отцепкой вагона от состава или поезда в пункте формирования, оборота или в пути следования с подачей их на специализированные ремонтные пути или в вагонные депо.

5. Деповской ремонт (ДР) — плановый ремонт вагонов для восстановления их работоспособности с заменой или ремонтом отдельных составных частей, а также модернизации отдельных узлов.
6. Капитальный ремонт (КР-1) — плановый ремонт вагонов для восстановления исправности и ресурса вагонов путем замены или ремонта изношенных и поврежденных узлов и деталей, а также их модернизации.
7. Капитальный ремонт (КР-2) — плановый ремонт вагонов для восстановления исправности и ресурса вагонов с частичным вскрытием кузова до металла с заменой теплоизоляции и электропроводки. При необходимости с заменой базовых систем, элементов конструкций и модернизации основных узлов.

КВР — ремонт пассажирских вагонов с использованием восстановленных существующих конструкций кузовов и тележек, обновлением внутреннего оборудования и созданием современного интерьера.

Периодичность технического обслуживания ТО-3 цельнометаллических пассажирских вагонов общесетевой эксплуатации

№ п/п	Тип вагонов	Техническое обслуживание ТО-3	
		Пробег, км	Календарный срок не более, мес.
1	Вагоны-рестораны всех модификаций	—	6
2	Вагоны-дизель-электростанции	—	6
3	Вагоны скоростных поездов	—	3
4	Купейные, некупейные, межобластные	150000	6
5	Габарита РИЦ, мягкие и СВ	150000	6
6	Багажные, почтовые, почтово-багажные, вагоны дляспецконтингента	—	6
7	Вагоны поездов международного сообщения на тележках колеи 1435 мм и 1520 мм, кроме вагонов, курсирующих по железным дорогам государств-участников СНГ и стран Балтии	—	6

Для выполнения работ по техническому обслуживанию оборудования пассажирских вагонов на дорогах организованы пункты технического обслуживания (ПТО) со специально отведенными для этого ремонтно-экипировочными и специализированными путями для текущего ремонта и производства единой технической ревизии. Техническое обслуживание вагонов производится в соответствии с требованиями Инструкции осмотрщику вагонов ЦВ/4071, Инструкции по техническому обслуживанию оборудования «Вагоны пассажирские магистральных железных дорог» №104 ПКБ ЦВ, а также выполняется по заявкам работников поездных бригад. За исправное техническое состояние оборудования в пути следования несут ответственность поездные электромеханики (ПЭМ), начальники поездов и проводники. Техническое обслуживание электрооборудования вагонов производят в пунктах оборота бригады пассажирских поездов, а текущий ремонт — работники пункта оборота по заявке начальника (механика-бригадира) поезда. В пунктах формирования техническое обслуживание производят работники этих пунктов. На пограничных перестановочных пунктах вагонов в отопительный сезон ПЭМ вместе с локомотивной бригадой отключают и подключают высоковольтную магистраль головного вагона, а также отключают и подключают эту магистраль при расформировании и формировании поезда. Работники перестановочного пункта должны отключать и подключать заземляющие шунты с рамы кузова вагона на тележки и разъемные соединения генераторов и систем контроля нагрева букс, а ПЭМ — контролировать качество выполняемых работ. В случае замены отказавшего оборудования в пути следования поезда или в пункте оборота начальник поезда (механик-бригадир) или ПЭМ вместе с представителями ПТО составляют акт формы ФМУ-73 с указанием номера вагона, сведений на его трафарете, причины замены оборудования, заводской номер заменяемого и вновь устанавливаемого оборудования, клейма, там где это предусмотрено, даты производства работ на отказавшем оборудовании и других сведений. В пути следования поезда начальник поезда (механик-бригадир) или ПЭМ заносит все сведения об отклонениях от нормальной работы и отказе оборудования в рейсовый лист, который после окончания поездки сдают в пункте формирования для анализа и хранения в течение 3 месяцев.

Установлены следующие сроки технического обслуживания вагонов:

1) Техническое обслуживание (ТО-1) вагонов в составах и поездов на ПТО пунктов формирования и оборота пассажирских вагонов перед каждым отправлением в рейс, а также в поездах в пути следования. ТО-1 вагонов в пунктах формирования пассажирских поездов, имеющих оборот до трех суток, и вагонов пригородного сообщения должно производиться по графику, утвержденному начальником депо (участка). После длительного простоя, прибытия с вагоностроительных или вагоноремонтных заводов проводят ТО-1 электрооборудования вагона.

2) Техническое обслуживание (ТО-2) вагонов перед началом летних и зимних перевозок.

Электроотопление вагонов пассажирских поездов должно осуществляться на железных дорогах в следующие сроки:

Байкало-Амурской, Восточно-Сибирской, Дальневосточной, Забайкальской, Западно-Сибирской, Кемеровской, Красноярской, Северной, Свердловской, Южно-Уральской — с 5 сентября по 15 мая;

Горьковской, Куйбышевской, Московской, Октябрьской — с 20 сентября по 5 мая;

Приволжской, Северо-Кавказской, Юго-Восточной — с 1 октября по 5 мая.

В отдельных случаях, исходя из местных погодных условий, сроки электроотопления пассажирских поездов, обращающихся в пределах одной железной дороги, могут быть изменены приказом начальника железной дороги.

В весенний период года на Северном и Дальневосточном направлениях осуществляют ТО-2 в мае–июне, на Южном, Среднеазиатском и Западном направлениях — в апреле–мае. В осенний период года ТО-2 на Северном и Дальневосточном направлениях осуществляют в сентябре–октябре, а на Южном, Среднеазиатском и Западном направлениях — в октябре–ноябре.

3) Техническое обслуживание (ТО-3) — единая техническая ревизия основных узлов пассажирских вагонов через 6 месяцев после постройки, планового ремонта или предыдущей ревизии с отцепкой от состава поезда в пунктах формирования пассажирских поездов. Служебные, служебно-технические и другие вагоны специального назначения подлежат ревизии через 1 год после постройки, планового ремонта или предыдущей ревизии.

4) Текущий ремонт (ТР) с отцепкой вагонов от состава поезда в пути следования или в пунктах формирования и оборота пассажирских поездов.

Контроль за работой электрооборудования в пути следования

После отправления поезда в рейс с пассажирской станции пункта формирования или оборота ПЭМ контролирует работу электрооборудования, при этом выполняет следующие работы: проверяет работоспособность сигнальных фонарей на хвостовом вагоне; осматривает электрооборудование внутри вагона и с наружной стороны щитов и пультов управления; записывает показания электроизмерительных приборов; проверяет работоспособность цепей потребителей электроэнергии, в том числе сигнализации о нагреве роликовых букс и пожарной сигнализации; контролирует состояние изоляции электрооборудования по сигнализации замыкания на корпус. После 3–4 ч движения поезда ПЭМ должен осмотреть электрооборудование и проверить показания электроизмерительных приборов. При этом в рейсовом листе электромеханика записывают ток заряда аккумуляторной батареи, ее напряжение и ток и напряжение генератора.

Контроль за работой электрооборудования с записью показаний электроизмерительных приборов производят в пути следования при работающем генераторе не реже, чем 2 раза в сутки.

При срабатывании предохранителя генератора или аккумуляторной батареи при движении поезда на ближайшем ПТО проверяют состояние их цепей, заменяют плавкую вставку предохранителя типовой и контролируют работу всего электрооборудования вагона во время движения поезда при скорости свыше 40 км/ч. В случае обнаружения трудно устранимых в рейсе отказов в цепях генератора и батареи, а также повторного срабатывания предохранителей потребители электроэнергии переключают на питание от исправного вагона. Для этого ПЭМ обязан сначала убедиться в исправности электрооборудования вагона, от которого предполагается брать питание. После подключения в течение не менее 15 мин контролируют работу электрооборудования. Такой перевод питания оформляют актом формы ФМУ-73 за подписью начальника (механика-бригадира) и ПЭМ поезда.

При обнаружении сработавшего предохранителя в цепи обмотки возбуждения генератора постоянного тока допускается на остановках вагона снять пломбу, вскрыть кожух угольного регулятора напряжения и заменить предохранитель, о чем дол-

жен быть составлен акт формы ФМУ-73 за подписью начальника и ПЭМ поезда. При повторном срабатывании предохранителя потребители питают от исправного вагона. Сработавший аппарат токовой защиты в цепи какого-либо потребителя восстанавливает ПЭМ после проверки цепи. В случае повторного срабатывания аппарата потребитель отключают от системы электроснабжения до выяснения причины отказа цепи в пункте формирования или оборота. Работоспособность цепей потребителей электроэнергии проверяют в движении вагона путем включения их с пульта управления электрооборудованием вагона и наблюдениями за показаниями электроизмерительных приборов. При показаниях системы контроля замыкания проводов на корпус вагона (СЗК), указывающих на снижение сопротивления изоляции в электрических цепях вагона на остановках ПЭМ должен определить цепи с пониженным сопротивлением изоляции и места нарушения изоляции в ней. В случае срабатывания системы сигнализации нагрева букс проводник должен немедленно остановить поезд и вызвать ПЭМ или начальника поезда. При срабатывании СКНБ (сигнализация контроля нагрева букс) на вагонах поездов скоростного движения проводник вагона должен немедленно сообщить начальнику поезда о необходимости остановки.

Начальник поезда по радиосвязи должен потребовать от машиниста локомотива срочной остановки поезда.

Техническое обслуживание установки пожарной сигнализации должен производить ПЭМ поезда в светлое время один раз в сутки. В случае срабатывания пожарной сигнализации проводник вагона должен отключить акустический сигнал на блоке управления, по его табло установить место пожара, а затем убедиться в достоверности показаний установки. При ложном сигнале о пожаре вызвать ПЭМ. Случаи ложного или действительного срабатывания УПС (установка пожарной сигнализации), а также отказы пожарных извещателей оформляют актами формы ФМУ-73.

Приемка и сдача вагонов

Перед приемкой состава, которая производится только в пунктах приписки вагонов, поездной электромонтер должен ознакомиться с книгами ремонта состава и журналами формы ВУ-8

о выполненном ремонте, осмотрах и росписями мастеров депо об их выполнении. ПЭМ (поездной электромеханик) поезда перед приемкой также должен знать объем выполненного ремонта, вид осмотра и удостовериться в готовности принимаемого состава к работе под высоким напряжением. Если состав к работе подготовлен, механик-бригадир поезда получает под расписку в специальном журнале ключ отопления данного состава. Поездной электромеханик и начальник поезда проверяют все высоковольтное оборудование. Подключение высоковольтной магистрали состава к электровозу производят в соответствии с «Инструкцией по эксплуатации электрического и комбинированного отопления вагонов пассажирских и почтово-багажных поездов» ЦТ/64-ЦЛ/14 от 1.08.1996 г. Предварительно машинист электровоза обязан опустить оба токоприемника, изъять ключи контроллера (пульта управления электровоза) и присутствовать при электрическом соединении электровоза с составом. При этом ключи контроллера должны находиться у машиниста электровоза. Соединять и рассоединять высоковольтные соединения между головным вагоном и электровозом должен ПЭМ, а в случае его отсутствия — начальник поезда в диэлектрических перчатках в обязательном присутствии машиниста электровоза, у которого должны находиться блокирующие ключи выключателей пульта управления электровозом и реверсивная рукоятка контроллера машиниста. Указанные лица должны визуально убедиться, что на электровозе полностью опущены все токоприемники.

ПЭМ или начальник поезда для обеспечения своевременного выполнения технологических операций по рассоединению и соединению высоковольтных соединений между головным вагоном и электровозом должен находиться в головном вагоне к моменту прибытия поезда на станцию смены локомотива, прицепки или отцепки вагонов в поезде. Высоковольтная магистраль между вагонами должна соединяться двумя высоковольтными соединениями, для чего штепсель каждого из соединяемых вагонов вставляется в розетку другого вагона.

Высоковольтная магистраль между головным вагоном поезда и электровозом должна соединяться одним высоковольтным соединением при числе вагонов в составе поезда до 20 единиц включительно, для чего штепсель вагона вставляется в высоковольтную розетку электровоза. При большем числе вагонов в

поезде соединение высоковольтной магистрали головного вагона и электровоза должно осуществляться двумя высоковольтными соединениями, для чего дополнительно к указанному штепсель электровоза вставляется в высоковольтную розетку головного вагона. При соединении высоковольтных соединений их штепсели должны быть плотно вставлены в розетки. Крышки розеток и холостых приемников должны быть заперты ключом отопления. Порядок соединения и рассоединения высоковольтных соединений приведен в приложении 1 настоящей инструкции.

Максимальное количество вагонов, которое можно подключать на электроснабжение от электровоза, должно быть нанесено белой несмывающейся краской с высотой букв 40 мм на обеих лобовых частях кузова электровоза над высоковольтными розетками.

Мощность (номинальная) устройств централизованного электроснабжения электровозов и максимальное количество вагонов, которое можно подключать на электроснабжение к электровозам, приведены в приложении 2 настоящей инструкции. Запрещается подключать к электровозу на электроснабжение количество вагонов больше указанного на кузове электровоза.

В случае, если в поезде будет постоянно эксплуатироваться большее число вагонов, чем допустимое для электроснабжения от электровозов, выдаваемых под данный поезд по маршруту его следования, суммарная мощность отопительных приборов вагонов поезда должна быть снижена до минимальной номинальной мощности устройств централизованного электроснабжения одной из серий электровозов, которые предусмотрены служебным расписанием движения поездов для вождения поезда по маршруту его следования или часть вагонов поезда должна быть переведена на угольное отопление.

В маршруте машиниста ПЭМ или начальник поезда производят отметку о фактическом количестве вагонов в поезде, которые централизованно обеспечиваются электроэнергией от электровоза.

Рекомендуемые к отключению приборы для снижения мощности отопительных устройств для наиболее распространенных типов вагонов и способы отключения приборов приведены в приложении 3 настоящей инструкции.

Весь перемонтаж отопительных приборов и изъятие высоковольтных предохранителей должны осуществляться только на предприятии приписки вагона специализированными ремонтны-

ми бригадами с составлением акта за подписями зам. начальника предприятия, старшего мастера электроцеха и бригадира по ремонту высоковольтного оборудования. Изъятые для снижения мощности отопительных устройств высоковольтные предохранители должны храниться на предприятии и при переводе отопительных устройств вагона на полную мощность устанавливаться на штатное место.

На всех пассажирских вагонах с уменьшенной мощностью отопительных устройств должна быть сделана надпись красной краской с высотой букв 40 мм на передней крышке подвагонного ящика с высоковольтным электрооборудованием, кожухе нагревательных элементов комбинированного отопления в котельном отделении и панели распределительного шкафа «Мощность отопления снижена до 24 кВт». Надпись должна возобновляться в случае ее загрязнения при ТО-2 и ремонте вагонов и исключаться при восстановлении полной мощности отопления.

После соединения высоковольтной магистрали поезда с электровозом ПЭМ или начальник поезда должен передать ключ отопления машинисту электровоза. С момента передачи ключа отопления машинисту электровоза высоковольтная магистраль поезда считается под высоким напряжением. Ключ отопления должен находиться у машиниста электровоза до возникновения необходимости отцепки электровоза, отцепки и прицепки вагонов, проверки исправности действия и ремонта высоковольтного электрооборудования вагонов.

Перед отцепкой или прицепкой вагонов в поезде с высоковольтным электрическим отоплением или централизованным электроснабжением, ремонтом высоковольтного электрооборудования вагонов, рассоединением и соединением высоковольтных соединений в поезде, в том числе между электровозом и головным вагоном, осмотром с пролазкой ходовых частей вагонов поезда, производимых по заявке ПЭМ или начальника поезда, машинист обязан:

— отключить питание высоковольтной магистрали;

— отключить силовые и вспомогательные цепи, быстродействующий или главный выключатели;

— опустить все токоприемники (убедиться визуально, что они опущены);

— после выполнения указанных действий передать ключ отопления ПЭМ или начальнику поезда.

Осмотр ходовых частей вагонов поезда с пролазкой должен производиться только при полностью опущенных токоприемниках электровоза.

После отсоединения высоковольтной магистрали поезда от электровоза штепсели высоковольтных соединений должны быть плотно вставлены в соответствующие холостые приемники головного вагона и электровоза и заперты ключом отопления. Высоковольтные розетки должны быть закрыты крышками и заперты ключом отопления. После отсоединения высоковольтной магистрали поезда от электровоза ключ отопления должен находиться у ПЭМ или начальника поезда.

При эксплуатации вагонов пассажирских поездов, электровозов, питании состава вагонов от стационарного пункта электроснабжения штепсели высоковольтных соединений должны находиться в запертых высоковольтных розетках или в холостых приемниках. В других местах нахождение штепселей категорически запрещается.

Подключение и отключение высоковольтной магистрали состава вагонов к колонке стационарного пункта электроснабжения должно осуществляться согласно требованиям местной инструкции, составляемой для конкретного пункта.

Поездной электромеханик или начальник поезда после подачи состава вагонов на путь для электроотопления должен сделать заявку с записью в журнале учета электроотопления состава вагонов, который должен вестись на стационарном пункте электроотопления, о подключении состава вагонов на электроотопление (централизованное электроснабжение) и сдать под роспись дежурному по пункту ключ отопления поезда.

Подключение состава вагонов на электроотопление осуществляет дежурный по пункту слесарь-электрик (в диэлектрических перчатках) под наблюдением ПЭМ или начальника поезда.

При подсоединении высоковольтной магистрали состава вагонов к стационарному пункту электроснабжения штепсель высоковольтного соединения подсоединяемого вагона должен быть плотно вставлен в высоковольтную розетку колонки, а крышка розетки заперта ключом отопления. Крышка холостого приемника этого вагона также должна быть заперта ключом отопления.

С момента передачи ключа отопления дежурному слесарю-электрику по стационарному пункту электроснабжения высоко-

вольтная магистраль состава вагонов считается под высоким напряжением.

Во время нахождения состава вагонов под высоким напряжением на стационарном пункте электроснабжения ключ отопления поезда должен находиться у дежурного слесаря-электрика по пункту.

Отсоединение состава вагонов от стационарного пункта электроснабжения должно быть организовано в следующем порядке:

— ПЭМ или начальник поезда сообщает дежурному слесарю-электрику по пункту о необходимости отключения электроотопления состава вагонов и делает об этом запись в журнале учета электроотопления;
— дежурный слесарь-электрик по пункту снимает высокое напряжение с колонки, питающей состав вагонов, и в диэлектрических перчатках под наблюдением ПЭМ или начальника поезда с применением ключа отопления вынимает штепсель высоковольтного соединения из розетки высоковольтной колонки, закрывает крышку розетки, вставляет штепсель в холостой приемник вагона и запирает штепсель;
— дежурный слесарь-электрик по пункту передает ключ отопления состава вагонов ПЭМ или начальнику поезда.

Перед подсоединением высоковольтной магистрали состава вагонов к колонке стационарного пункта электроснабжения ПЭМ или начальник поезда должны проверить исправность высоковольтного электрооборудования вагонов.

Перед подсоединением высоковольтной магистрали состава вагонов к колонке стационарного пункта электроснабжения он должен быть огражден сигналами с обеих сторон и заторможен.

Перед подачей высокого напряжения в высоковольтную магистраль состава вагонов об этом должна быть проинформирована поездная бригада. На торцевых дверях головного и хвостового вагонов должны быть вывешены таблички с надписью красного цвета: «Осторожно! Состав под высоким напряжением».

Во время электроснабжения состава вагонов от стационарного пункта электроснабжения дежурные проводники вагонов должны находиться в вагонах.

Сопротивление изоляции высоковольтной магистрали состава вагонов, подготовленного в пункте формирования и после

проведения ТО-2 до 24 вагонов включительно, должно быть не менее 1,6 МОм.

Минимальное сопротивление изоляции высоковольтной электрической цепи устройств электроотопления на электровозе должно быть в эксплуатации не ниже 2 МОм.

Вагоны поездов с электрическим или комбинированным отоплением должны отправляться с пункта формирования с подзаряженными аккумуляторными батареями, имеющими напряжение в зависимости от типа вагона не ниже 45 В или 100 В при включении потребителей электроэнергии с общей нагрузкой 20–25 А.

На подготовленный в рейс состав вагонов должна быть дана готовность к подаче на него высокого напряжения лицом, ответственным за подготовку устройств высоковольтного электрического отопления вагонов, порядком, установленным приказом начальника вагонного депо, участка, дирекции по обслуживанию пассажиров. Перед отключением или подключением высоковольтной магистрали поезда к электровозу, состава вагонов к колонке стационарного пункта электроснабжения переключатели режимов электроотопления всех вагонов должны быть установлены в нулевое положение.

После подачи напряжения в высоковольтную магистраль переключатели режимов электроотопления каждого вагона должны устанавливаться в положение, соответствующее автоматическому режиму отопления вагона. В случае отказа автоматики управления высоковольтным электрическим отоплением дежурный проводник вагона должен вызвать ПЭМ или начальника поезда для восстановления ее работоспособности или определения необходимости перехода на ручной режим электроотопления.

После подключения высоковольтной магистрали поезда к электровозу переменного тока машинист должен вначале произвести запуск вспомогательных машин электровоза, а затем включить электроотопление поезда. Выключать электроотопление поезда на электровозах переменного тока машинист должен при включенных вспомогательных машинах.

При подаче состава вагонов для посадки пассажиров и в пути следования поезда температура воздуха внутри вагонов должна быть 18–22°С при наружной температуре до –40°С. Ответственность за соблюдение температурного режима возлагается на

дежурного проводника вагона и ПЭМ. Ответственность за непрерывную подачу напряжения в высоковольтную магистраль поезда возлагается на машиниста электровоза.

Поездной электромонтер или механик-бригадир поезда с холостого приемника на головном вагоне, а машинист с холостого приемника электропоезда снимают брезентовые защитные чехлы. После этого поездной электромонтер обязательно в резиновых перчатках ключом отопления поезда открывает на головном вагоне замок холостого приемника и извлекает из приемника штепсель, который при помощи того же ключа вставляется в розетку на электровозе. Штепсель электровозного холостого приемника поездной электромонтер вставляет в розетку головного вагона. Включение обоих соединений вагона и электровоза обязательно. После соединения поездной электромонтер передает ключ отопления поезда машинисту, который в кабине электровоза вставляет этот ключ в специальное гнездо на пульте управления и поднимает токоприемник. С момента передачи ключа машинисту состав считается под высоким напряжением и разрешается включать электроотопительные приборы. Должна быть проверена работа всех приборов и аппаратов высокого напряжения. При включении аппаратов и отопления все сигнальные лампы на щите должны гореть. Поездной электромонтер при приемке получает техническую «аптечку» с необходимым инструментом, запасными частями, предохранителями, резиновыми перчатками и т.п. Номенклатура «аптечки» зависит от типа вагона в поезде, конструкции высоковольтного и низковольтного электрооборудования и продолжительности рейса. Цепи управления отоплением питаются от аккумуляторной батареи, поэтому при приемке необходимо проверять ее напряжение. Оно должно быть в пределах 50–48 В (110–108 В для вагонов типа 47 К/к и СК/д) при включенной нагрузке (вентиляция, циркуляционные насосы, люминесцентное освещение). Для надежной работы отопительных приборов и оборудования необходимо надежное заземление, также проверяют магнитные клапаны, насосы калорифера, исправность арматуры и гарнитуры котла, контрольно-измерительных приборов, наличие комплекта ключей для перекрытия при необходимости водяных трубопроводов, наличие воды в системе отопления, аварийный запас угля. Электрическое разъединение электровоза от головного вагона осуществляется в обратной последовательности при

опущенных токоприемниках. Ключ отопления поезда механик-бригадир сдает дежурному по депо или участку с росписью в специальном журнале. Поездной электромонтер в журналах формы ВУ-94, ремонтном и поездном, делает записи о необходимости ремонта неисправных узлов. Если в пути следования узел был исправлен самим поездным электромонтером или механиком-бригадиром, запись об этом нужно сделать для того, чтобы этот узел проверили специалисты электроцеха. Прежде чем делать записи в ремонтных книгах, поездной электромонтер должен обойти все вагоны и узнать у проводников, как работало оборудование в рейсе. Замечания проводников при их подтверждении также должны быть записаны в книге. После выполнения этих требований поездным электромонтером состав считается сданным и поездная бригада поступает в распоряжение руководства цеха эксплуатации вагонного депо или участка.

Объемы работ, выполняемых при ТО-2 и ТО-3. Техническое обслуживание ТО-2 в переходные периоды года производят в пунктах формирования пассажирских поездов без расформирования поезда.

При техническом обслуживании ТО-2 выполняют все работы технического обслуживания ТО-1 и следующие работы: техническое обслуживание аккумуляторных батарей с корректировкой плотности электролита; осмотр всех электрических машин со снятием крышек (кожухов) смотровых люков (машин постоянного тока), клеммных коробок и приборов для слива конденсата (там где это предусмотрено); осмотр электрических калориферов и печей с проверкой целостности нагревательных элементов (при подготовке вагонов к зимним перевозкам); очистку и осмотр термоконтакторов системы термоавтоматики, расположенных в салоне вагона; переключение дополнительных обмоток генератора ГСВ-2 и ГСВ-8 со «звезды» на «треугольник» весной и наоборот осенью; осмотр со вскрытием клеммных коробок и разъемных соединений системы контроля нагрева роликовых букс. При корректировке плотности электролита кислотных аккумуляторных батарей плотность в каждом аккумуляторе не должна отличаться от средней более чем на 0,01 г/см^3. Плотность электролита щелочных никель-железных аккумуляторов должна быть летом 1,20 г/см^3, а зимой 1,25 г/см^3. Плотность всесезонного электролита должна поддерживаться зимой и летом в пределах 1,20 + 0,01 г/см^3. При техническом обслуживании

ТО-3 производят работы технического обслуживания ТО-2 и дополнительно выполняют следующие виды работ: смазывают подшипники электрических машин, осматривают со вскрытием все светильники, снимают и проверяют на стендах регулирующую аппаратуру, очищают и осматривают термоконтакторы в воздуховоде, измеряют сопротивление изоляции электрооборудования, проверяют работоспособность систем электроснабжения. Смазку в подшипниковые камеры электрических машин добавляют из расчета 10–15 г для машин мощностью до 1кВт, 60–80 г — от 1 до 10 кВт и до 100 г — свыше 10 кВт. Подшипниковые камеры заполняют на 2/3 объема смазкой. При смене подшипников эти камеры промывают керосином. Общее сопротивление изоляции монтажа электрических цепей измеряют при неработающем генераторе, отключенной аккумуляторной батарее и снятых или шунтированных полупроводниковых блоках. Для вагонов с номинальным напряжением систем электроснабжения 50, 110 и 220 В должно быть соответственно не менее 50, 110 и 220 кОм. Сопротивление изоляции каждой отдельной электрической цепи должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление изоляции аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 50 В должно быть не менее 25 кОм и 110 В — не менее 50 кОм. Его измеряют по методу вольтметра и высчитывают по формуле: $R_{из} = R_п\ (U/(U_1 + U_2\ ) - 1)$, где $R_п$ — внутреннее сопротивление вольтметра, Ом (вольтметр любого типа с внутренним сопротивлением не ниже 50 кОм); U — напряжение на выводах батареи, В; U_1 и U_2 напряжения, измеренные относительно выводов батареи и корпуса вагона, В. Допускается производить сушку изоляции электрических машин с целью повышения ее сопротивления пропусканием тока (до 30% от номинального).

Техническое обслуживание высоковольтного отопления

При техническом обслуживании ТО-1 в пунктах формирования в отопительный период года производят следующие виды работ: очищают электрооборудование от льда и снега; осматривают электрооборудование с наружной стороны вагона, в ящике, внутри вагона; проверяют на функционирование аппараты; системы электрического или комбинированного отопления вагонов проверяют на функционирование аппаратов управления и сигнализации. Контакторы отопления проверяют включением их

в работу переключателем пульта управления вагона и проверкой их состояния (включен или отключен) по сигнальным лампам или непосредственно в подвагонном ящике. Во время отопления поезда проверяют работоспособность электроотопления по температурному режиму в вагонах, определяемому по установленным в них термометрам. Температура воздуха в вагонах должна быть 18–22°С. В пунктах оборота ПЭМ проверяют работу системы отопления. Техническое обслуживание электрооборудования высокого напряжения поездов с оборотом до 3 суток производят в пункте формирования не реже чем через 6 суток. На вагонах с комбинированным отоплением проверяют температуру воды в котле отопления и термостата калорифера. В остальном обслуживающий персонал должен руководствоваться Инструкцией по техническому обслуживанию отопительной установки № 164 ПКБ ЦВ. Работоспособность аппаратов управления проверяют переключателями режимов работы отопительной установки. Электрооборудование отопительных установок вагонов в эксплуатации должно работать только в автоматическом режиме управления. В случае отказа в рейсе системы термоавтоматики или защитных устройств допускается отапливать вагон в ручном режиме управления отоплением. При этом контролируют температуру воды на комбинированном котле отопления, которая не должна быть выше 90°С, и температуру воздуха в помещениях вагона. Устанавливать переключатели режимов работы электрооборудования на ручное управление запрещается.

При техническом обслуживании ТО-2, кроме работ по техническому обслуживанию ТО-1 в пунктах формирования поезда, выполняют следующие работы: консервацию или расконсервацию электрических аппаратов и их осмотр; измерение активного сопротивления групп нагревательных элементов; проверку целостности цепей нагревательных элементов печей, калориферов и водоподогревателей электрического отопления; измерение сопротивления изоляции цепей нагревательных элементов, электропечей и электрокалориферов. При техническом обслуживании ТО-3 выполняют все виды работ технического обслуживания ТО-2, кроме этого, независимо от активного сопротивления цепей групп нагревательных элементов котлов комбинированного отопления, снимают кожух ограждения нагревателей и измеряют сопротивление каждого элемента. Нагрева-

тели с сопротивлением 110 Ом заменяют. При вскрытом кожухе ограждения проверяют изоляторы нагревателей, межэлементные перемычки, действие блок-контактов ограждений и крепления выводов. После технического обслуживания сопротивление изоляции магистрали вагона должно быть не менее 30 МОм.

Техническое обслуживание ТО-3 выполняют независимо от периода года. Результаты измерений сопротивления изоляции, активного сопротивления нагревательных элементов и данные о произведенной замене электрооборудования заносят в соответствующие формы учета.

Техника безопасности при обслуживании высоковольтного отопления

Все работы с высоковольтным электрооборудованием, а также его осмотр должны производиться при отсутствии высоковольтного напряжения. Высоковольтные и низковольтные междувагонные соединения должны быть разъединены. Разводные ключи, плоскогубцы, отвертки и прочие инструменты должны иметь изолированные рукоятки. Подниматься на крышу вагона разрешается только на стоянке и в парке отстоя при отсутствии контактной сети. Запрещается подъем на крышу при обледенении кузова или наличии снега на крыше; при сильном ветре, в дождь, а также при неисправностях торцевой лестницы. Прежде чем приступать к работе, нужно убедиться в отсутствии напряжения (вольтметр, индикатор, контрольная лампа, нагрузочная вилка). В вагонах с электрическим отоплением при наличии высокого напряжения категорически запрещается мыть полы. Производить влажную уборку и мыть полы разрешается только при отсутствии высокого напряжения. Пассажирский вагон считается под напряжением тогда, когда он включен в состав поезда, а сам состав соединен с электровозом или с высоковольтной колонкой. Это требование не распространяется на вагоны с комбинированным отоплением. Подключение и отключение высоковольтных цепей вагона к электровозу или высоковольтной колонке разрешается производить только в диэлектрических перчатках и обязательно двумя лицами. Диэлектрические перчатки должны иметь штамп последней ревизии (один раз в шесть месяцев), быть целыми.

Порядок соединения и рассоединения высоковольтных соединений централизованного электроснабжения пассажирских поездов. Соединение высоковольтного соединения двух соседних вагонов (вагона и электровоза)

Для соединения высоковольтного соединения необходимо:

а) вынуть штепсель из холостого приемника вагона (электровоза) в следующем порядке (рис. 11.1):

— открыть крышку *1* замка *8*;

— вставить ключ *2* и повернуть его на 90° в любом направлении;

— открыть крышку *3*;

— вынуть штепсель *4* из изолятора *1* нажатием вниз вдоль оси корпуса *11* с одновременным поворотом штепселя так, чтобы подпружиненные шарики вышли из пазов кольца *7*;

— зафиксировать крышку *3* возвратом ключа *2* в исходное положение;

— вынуть ключ *2* из замка *8*;

б) соединить высоковольтное соединение путем включения штепселя одного вагона (электровоза) в гнездо розетки другого вагона в следующем порядке (см. рис. 11.1):

— открыть крышку *1* замка *8*;

Рис. 11.1. Розетка высоковольтная со штепселем:

1, 3, — крышки; *2* — ключ; *4* — штепсель; *5* — упор; *6* — пружина; *7* — кольцо; *8* — замок; *9* — болт заземления; *10* — изолятор; *11* — корпус

— вставить ключ *2* отопления поезда в замок *8* и повернуть ключ на 90° в любом направлении;

— открыть крышку *3*;

— вставить штепсель *4* в корпус *18* до упора;

— зафиксировать крышку *3* возвратом ключа *2* в исходное положение;

— вынуть ключ *2* из замка *8*.

Рассоединение высоковольтного соединения двух соседних вагонов (вагона и электровоза)

Для рассоединения высоковольтного соединения необходимо:

— вынуть штепсель из розетки вагона (электровоза) в следующем порядке (рис. 11.2):

— открыть крышку *1* замка *8*;

— вставить ключ *2* отопления в замок *8* и повернуть ключ на 90° в любом направлении;

— вынуть штепсель *4* из корпуса *18* розетки;

— закрыть крышку *3*;

— вернуть ключ *2* в исходное положение;

Рис. 11.2. Холостой приемник со штепселем:

1, 3 — крышки; *2* — ключ; *4* — штепсель; *5* — упор; *6* — пружина; *7* — кольцо; *5, 8* — замок; *9* — болт заземления; *10* — изолятор; *11* — корпус

— вынуть ключ *2* из замка *8*;

— закрепить штепсель в холостом приемнике вагона (электровоза).

Розетка смонтирована в корпусе *2*, внутри которого установлена изоляционная втулка *5* с пружинным контактом *6*, латунный зажим *4* для крепления кабельного наконечника *15* и блокирующее устройство *8* (замок), закрытое крышкой. Через патрубки *1* в розетку вставляется кабель подвагонной магистрали и отводной кабель к высоковольтному подвагонному ящику. При отсутствии штепселя розетка закрыта крышкой *9* с пружиной *13*, плотно прижимающей крышку к корпусу *2*. Крышка защищает розетку от проникновения внутрь нее влаги и грязи. В корпусе розетки предусмотрено гнездо, куда вставляется блокировочный ключ, позволяющий открыть крышку и вынуть или вставить штепсель с кабелем. Для доступа к контакту следует снять крышку *16*. Луженая поверхность *3* корпуса предназначена для заземления розетки. Штепсель межвагонного соединения имеет изоляционную втулку *7*, в которой размещается штепсельный штыревой контакт *14* с припаянным к нему кабелем *11*; оплетка кабеля заземлена с помощью кольца *12*, соединенного проводами с кузовом вагона. К изоляционной втулке *7* прикреплена рукоятка *10* с двумя цапфами для подвешивания штепселя в холостом приемнике. В целях электробезопасности рукоятка соединена с заземленной оплеткой кабеля. Кабель штепселя крепится с помощью кронштейна. Штепсель хвостового вагона, не включаемый в розетку, вставляется в холостой приемник, в корпусе *18* которого, закрытого сверху пластмассовой крышкой *17*, встроен стальной гнездовой контакт *19*, фиксирующий штепсель. В нижней части приемника установлена крышка *9*, блокировочное устройство и пружина, которые конструктивно выполнены аналогично соответствующим деталям розетки. Межвагонные соединения, устанавливаемые на различных вагонах, имеют некоторые конструктивные отличия от рассмотренного выше, но могут быть использованы для соединения с вагонами различной постройки. Для обеспечения электробезопасности штепсельные розетки снабжены замками, которые не позволяют разъединить междувагонное соединение без специального ключа. Этот ключ во время рейса находится у машиниста локомотива и выдается начальнику поезда только после опускания токоприемника.

11.2. Система технического обслуживания электрооборудования группового РПС. Ее виды и периодичность

В период эксплуатации рефрижераторной секции производят следующие виды технического обслуживания электрооборудования:

1) ежедневное техническое обслуживание;
2) техническое обслуживание №1 (ТО-1) 1 раз в 10 дней;
3) техническое обслуживание №2 (ТО-2) 1 раз в месяц;
4) техническое обслуживание №3 (ТО-3) 1 раз в 3 месяца.

После проведения очередного технического обслуживания делают запись в Журнале учета технического обслуживания рефрижераторной секции формы ВУ-83. В период гарантийного обслуживания секции после постройки или заводского ремонта техническое обслуживание выполняется в соответствии с требованиями завода-изготовителя или ремонтного завода при ежедневном ТО, ТО-1, ТО-2, ТО-3.

Ежедневное техническое обслуживание. При ежедневном техническом обслуживании необходимо проверить: визуально крепление подвески подвагонного генератора и осевого шкива, крепление селенового выпрямителя и отсутствие течи из его бака (для секции БМЗ), крепление электрических аппаратов (контакторов, автоматических выключателей, реле и т.д.), крепление электрических машин, надежность крепления и целостность межвагонных электрических соединений.

Техническое обслуживание № 1. При техническом обслуживании № 1 выполняют ежедневное техническое обслуживание, а также очищают аккумуляторные батареи от грязи и прочищают вентиляционные отверстия в пробках аккумуляторов; удаляют пролитый электролит с поверхности кислотных аккумуляторных батарей с помощью технической салфетки, смоченной 10%-ным раствором нашатырного спирта или кальцинированной соды (для щелочных аккумуляторных батарей в качестве нейтрализующего раствора применяют 5%-ный раствор борной кислоты); проверяют крепление аккумуляторных батарей ;проверяют надежность крепления наконечников проводов с выводными полюсами аккумуляторов батарей; удаляют окислы с выводных полюсов аккумуляторных батарей и смазывают их смазкой

ЦИАТИМ-205; проверяют уровень электролита в аккумуляторах и при необходимости доливают дистиллированную воду (для секций типа РС-4 проверяют уровень масла в баке селенового выпрямителя и при необходимости долить трансформаторное масло марки ТКп).

Техническое обслуживание № 2. При проведении технического обслуживания № 2 необходимо выполнить ежедневное техническое обслуживание, а также проверить напряжение на выводных полюсах аккумуляторов нагрузочной вилкой. При напряжении на кислотных аккумуляторах менее 1,75 В, а на щелочных аккумуляторах менее 1,2 В их необходимо зарядить. Проверить плотность электролита в аккумуляторах ареометром. Плотность электролита для кислотных аккумуляторов должна составлять 1,27–1,26 г/см^3, а для щелочных аккумуляторов 1,18–1,20 г/см^3. Проверить натяжение приводного ремня подвагонного генератора, очистить натяжное устройство генератора от грязи, а зимой от снега, промыть резьбу винта натяжного устройства дизельным топливом и смазать графитной смазкой марки УСОТ.

Осмотреть контакты межвагонных электрических соединений и при наличии следов копоти, загрязнений протереть технической салфеткой, смоченной в уайт-спирите. Проверить контактные кольца и коллекторы на электрических машинах и при обнаружении загрязнений протереть технической салфеткой, смоченной в спирте или уайт-спирите. Проверить состояние щеток и щеткодержателей электрических машин. Щетки, имеющие износ более 60% номинальной высоты, необходимо заменить. Копоть со щеткодержателей удалить технической салфеткой, смоченной в уайт-спирите. Проверить крепление проводов к выводам электрических машин и аппаратов.

Техническое обслуживание № 3. При техническом обслуживании № 3 выполняются все, ранее описанные виды технического обслуживания, а также необходимо: проверить омметром целостность заземления электрических машин и аппаратов; очистить от пыли внутреннее оборудование электрических щитов; произвести осмотр монтажа и аппаратуры внутри электрических щитов, проверить надежность затяжки резьбовых креплений и контактных соединений; очистить от пыли и загрязнения контакторы и автоматические выключатели, проверить и при необходимости затянуть резьбовые соединения;

залить в масленки стартера 6–8 капель масла, применяемого для смазки дизеля; добавить смазку марки УС-1 в масленку оси подвагонного генератора. Для секций постройки ПО БМЗ необходимо очистить и смазать подвижные части механизма прибора СПЛ-160 и промыть уайт-спиритом реохорд прибора КП-011-ОЗТ. Промывку реохорда производят при выключенном приборе.

Требования техники безопасности при техническом обслуживании электрооборудования рефрижераторного подвижного состава. К обслуживанию рефрижераторного подвижного состава допускаются лица не моложе 18 лет (на должности механика и начальника только мужского пола), прошедшие предварительный медицинский осмотр, курс специального обучения, стажировку, сдавшие экзамен по специальности и охране труда, прошедшие инструктаж по технике безопасности и производственный санитарий, имеющие квалификационную группу по электробезопасности (начальники — IV группу, механики — в начальный период работы III и затем — IV группу) и получившие удостоверение установленного образца на право обслуживания рефрижераторных секций.

Обслуживание электрооборудования относится к работам с повышенной опасностью и поэтому их необходимо выполнять под контролем руководителя работ после прохождения инструктажа по технике безопасности. При работе с электрооборудованием необходимо пользоваться защитными изолирующими средствами.

Запрещается:

- применять неиспытанные защитные средства защиты;
- производить ремонтные работы без разрешения начальника секции на работающем оборудовании;
- прикасаться к проводам, заземлениям, к частям оборудования, которые могут оказаться под напряжением во время работы электрооборудования;
- ставить предохранители, не соответствующие номинальному току (и не типовые);
- пользоваться пускателями и кнопками с открытыми крышками, разбитыми штепсельными розетками, разъемами.

При работе с аккумуляторами необходимо следить за бесперебойной работой вентиляции.

Запрещается:

- касаться одновременно двух выводов аккумуляторных батарей металлическими предметами;
- прикасаться при обслуживании руками без диэлектрических перчаток к токоведущим частям;
- проверять наличие напряжения на выводах аккумулятора путем короткого замыкания;
- курить вблизи аккумуляторных батарей и пользоваться открытым огнем.

Содержание

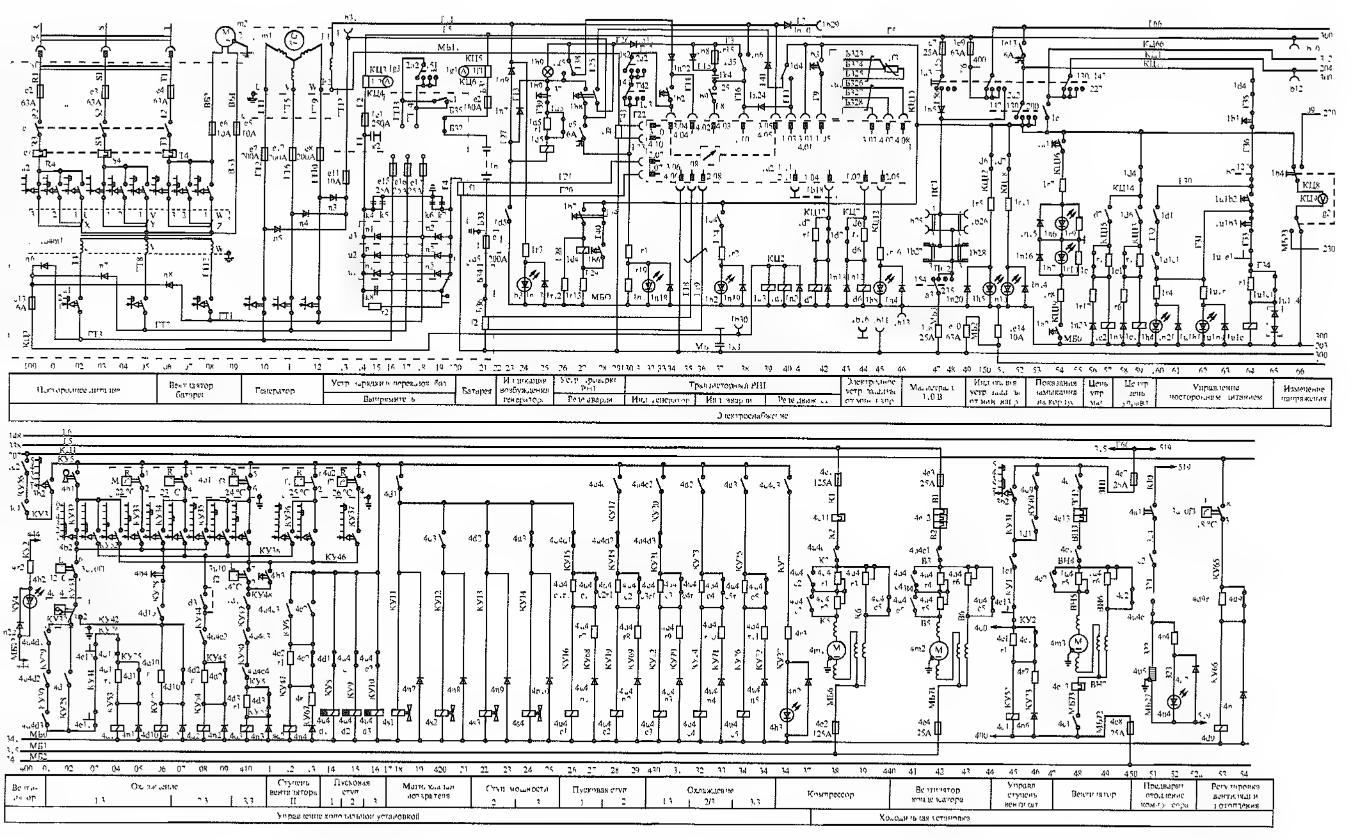


Рис. 9.5. *а* Принципиальная электрическая схема системы электроснабжения и УКВ пассажирского вагона типа К/к

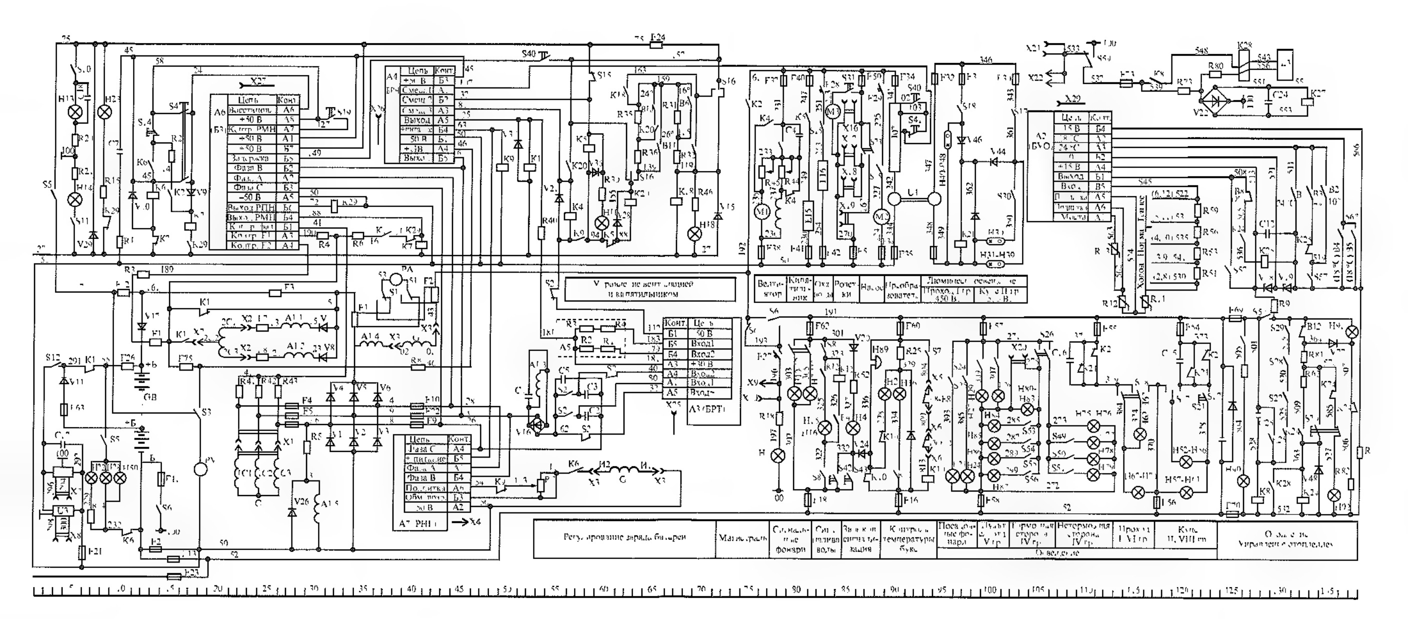


Рис 9.1 Принципиальная электрическая схема пассажирского вагона с комплексом электроснабжения ЭВ10.02.26

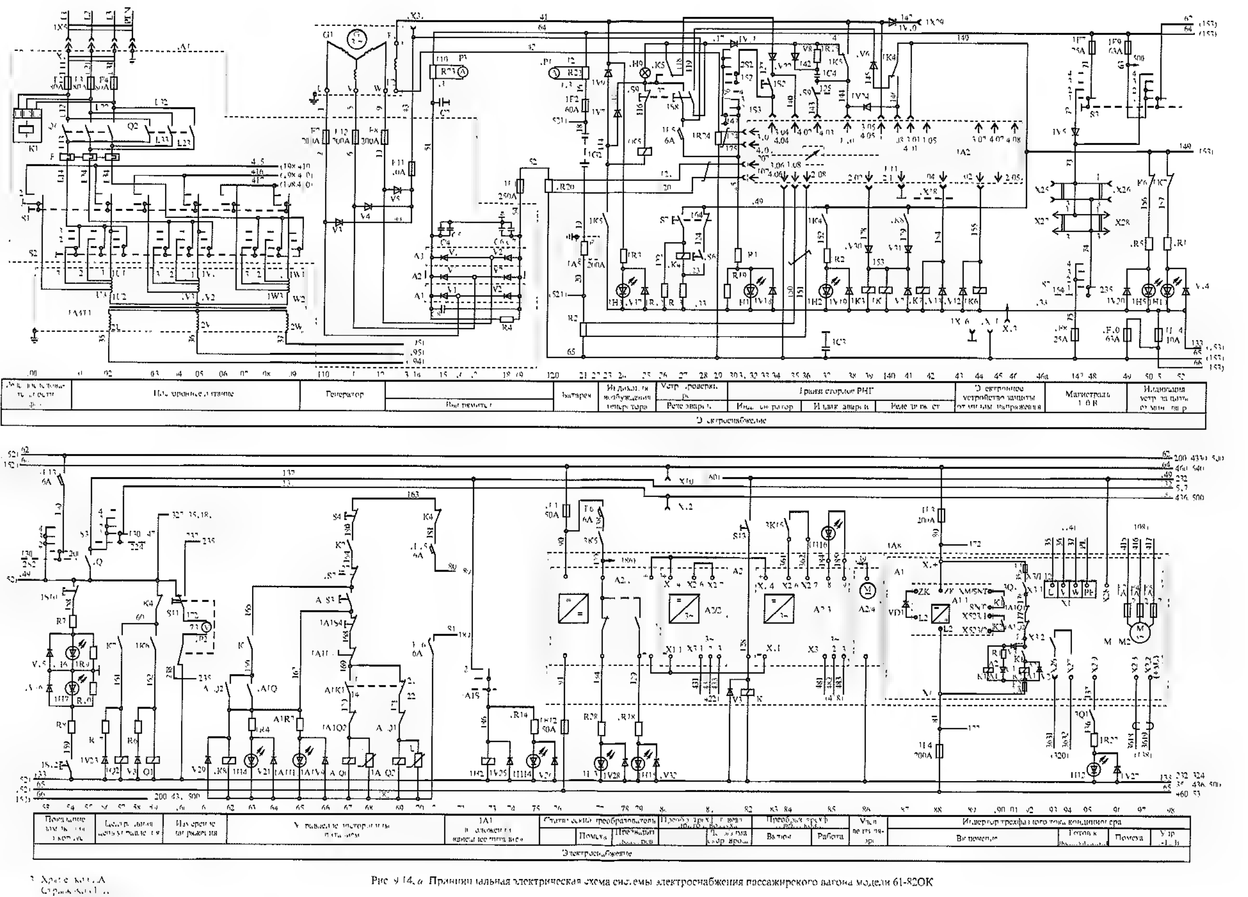


Рис. 9.14, а. Принципиальная электрическая схема системы электроснабжения пассажирского вагона модели 61-820К

X3 Klemmenleiste Dachaggregat 4A2X1
Клеммник агрегата в крыше 4A2X1

Компрессор	Вентилятор конденсатора		Термическая защита: Компрессор	Термическая защита: Вентилятор конденсатора	Вентилятор	Контроль вентилятор	Магн. клапаны испарителя	Статический преобразователь	Поршень управления задвижками	Насос отопления	Воздухонагреватель 1	Воздухонагреватель 2
Блок мощности установки кондиционирования												

Обслуживание крышки ящика

Служ. к. купе пров.	Купе 1-5		Купе 6-9	Чувств. контур	Группа I	Группа II	Вызывная установка	Система контроля нагрева букс	Охладитель питьевой воды	Холодильник	Насос огнетушения	Кипятильник	Микроволновая печь
				Высоковольтное отопление			Особые потребители						

Рис. 9.14, б. Электрическая схема силового блока установки кондиционирования воздуха

Воздухонагреватель	Калорифер	Дополнительное отопление	Воздухонагреватель	Насос отопления	Воздухонагреватель	Служ. отд. помещ. пров.	Купе 1-5	Туалеты	Купе 6-9	Гр. I	Гр. II	Высок. напряж.	Регулирован. автоматика дежурное отопление	Группа I	Группа II	Испытание изоляции 3000 В	Чувствит. контур	Группа I	Группа II
Управление отоплением (низковольтным)					Отопление низковольтное					Управление отоплением (высоковольтным)							Отопление (высоковольтное)		

● 3а, 3а3, 3в4 изображены во включенном состоянии

Реле										Контакторы										
												Главные			Блокконтакты					
1d1	141		163		306		410		440	1c1	159	153	229		158			445		
1d3	139		408							1c2	157	400			156			451	515	517
1d4	127		137	139	139	159		164		1u1c1	164	100	103	106	165			[illegible]	[illegible]	
1d5	125	126			123	126	126	138	138	2e2	203	[illegible]			204					
1d6	144	143		150			159			3e1	312	314	314	314	313					
1d7	142	143		[illegible]			157			3e3	306	317	317	317	307					
1..e8	100	164	/	/	/	/	/	/	/	3e4	308	316	316	316	309			311		
3d1	300	301			310		302	308		3e6	333	344			332			322		
3d2	304	305		306						3e7	336	346			335			324		
3d4	327	328		334		334				4e1	445	448	448	448	446				400	/
3d5	345	338	338							4e2	413	447			413	457		413		/
3d6	333	342	/	/	/	/	/	/	/	4u4e1	426	438	443	/	415	427	425	428		/
3d7	331	330			334		334			4u4e2	420	437	437	/	416	429		400	430	/
3e8	314	312	/	/	/	/	/	/	/	4u4e3	430	437	437	/	431		/	410	413	436
4d1	404	405			402	414	418			4u4e4	432	441	441	441	433			411	/	/
4d2	408	409		422			432			4u4e5	434	441	441	441	435	440	444		/	/
4d3	4.0	4.1		424	420				434	5e2	531	534	534	534	532			533		
4u4d1	4 4	/	401	426	/	/	/	/	/	5e3	513	519	519	519	514					
4u4d2	415	/	401	420	/	/	/	/	/	5e4	521	523	523	523	522					
4u4d3	416	/	401	430	/	/	/	/	/	5e5	526	531	531	531	527					
4d9	453	454			446		300													
4d10	406	407			436	404														
4d11	438	403	/	/	/	/	/	/	/											
4d12	442	403	/	/	/	/	/	/	/											
4d13	448	445	/	/	/	/	/	/	/											
5d3	539	540			334															
5d5	508	505		[illegible]		504														
5e17	519	513	/	/	/	/	/	/	/											

● Контакторы включены последовательно

Нормальн. режим
Проверка изоляции 3000 В 3а4

6, 5, 4 — Автом.; 3, 2, 1 — Ручное обсл.
24 °С до 26 °С
23 °С до 25 °С
22 °С до 24 °С
3/3
2/3
1/3
4b2 (402 415)

Норм. режим
Питание в маг.
Норм. режим
Питание от маг.

Внешнее
Питание
Генератор

Малый
Средний
Полный

Охлаждение
Дежурное отопление
Основное отопление
Переходное отопление

Служебное отделение
Ночной свет
Дневной свет

Группа I-II
Группа II
Группа I
Автоматика

Тормозного конца
Нетормозного конца

Антенна
УКВ антенна
Только для К Кр

Батарея	Присоед. эл. снабж. / Зажим для соединения с корпусом	Присоединение магистрали / Штепс. розетка для паяльника	Телефонная розетка / Громкоговор. купе	Громкоговоритель коридора
Электроснабжение радиоустановки			Установка громкоговорителя	

Рис. 9.5, в. Электрическая схема цепей электроотопления и радиоустановки пассажирского вагона типа К к

1) Только для выполнения с двухместными купе

2) Отпадает для выполнения с двухместными купе

3) Для выполнения с двухместными купе и К/Кр только 1 светильник для чтения

Диодный ограничитель напряжения	Освещение люминесцентными лампами: Управление	Освещение люминесцентными лампами: Фильтр	Переключ. купе, кор.	Переключ. служебное отд. помещ. проводн.	Служебное отделение	Помещение проводников	Купе	1 мал. кор. 1, 4 бок. кор.	1 мал. кор. II, 2 бок. кор.	Туалеты	Тамбуры	Светильн. зеркал	Светильн. для чтения	Служ. отд. 100 Вт	Котельная	Мал. кор. II	Распред. шкаф	Бок. кор.	Радиокупе	Хвостовые сигнальные фонари
Освещение																				

Вызывная установка	Система контроля нагрева букс	Управление: Холод. агрегат	Управление: Охлад. питьев. воды	Управление: Холодильн.	Холодильный агрегат	Кипятильник	Электрическая плита	Статический преобразователь	Центральн. пожарной сигнализации	Распред. шкаф	Служ. отд.	Купе 1-9 полукупе	Котельная
Особые потребители									Устройство пожарной сигнализации				

Рис. 9.5, *б*. Электрическая схема цепей освещения, сигнализации и бытовых потребителей пассажирского вагона типа К/к

Диодный ограничитель напряжения | Люминесц. освещение управл. | Служебное купе | Купе проводников | Светильн. д. чтения | Купе светильник для чтения | 1 мал. кор. I 3 бок кор. | 1 мал. кор. II 2 бок кор. | Туалет | Тамбуры | Аварийный свет бок. кор./мал. кор. | Служ. купе | Котельная | Распр. шкаф | Бок. кор. | Туалет занят 1 2 | Хвостов. сигнальн. фонари

Освещение

Преобразователь пост./пер. тока | Насос питьев. воды | Вент. микр. печи | Штепс. розетка д. бритья | Водоподогреватель: Туалет 1, Туалет 2 | Централь пожарной сигнализ. | Распредел. шкаф | Служ. отд. | Купе 1-3 пассаж. купе | Котельная | Телеф. штепс. розетка; Громкогов. купе | Громкоговоритель коридора

Особые потребители

Установка громкоговор.

Relais		Schütz	
Реле		Haupt- Контактор главн. конт.	Hilfskontakte Блок-контакт

Внеш. питание генератора

1A1S1

Служ. отделение
Ночной режим
Дневной режим
Выключено

2S2

Провода щупа
ws 471 X1:11
bl 472 X1:12
rt 473 X1:13
ge 474 X1:14

Schirm
Экран
(Экранированный кабель)

Питание от маг. норм. режим
Питание в маг. норм. режим

1S3

Малый
Средний
Полный

1A1S2

Рис. 9.14, *в*. Схема цепей освещения и потребителей

4. Хряпенков Г.А.,
Стрижаков Е.П.

Схема генератора

Пожарный насос

S16 Вентиляция зона 60	Цепь [illegible]	Цепь [illegible]	Цепь [illegible]
0			
Автомат		●	
Низкая	●		
Полная	●		●

S17 Освещение I IV гр.	Цепь [illegible]	Цепь [illegible]	Цепь [illegible]	Цепь [illegible]
0				
Люминесц.	●			
Вечернее		●	●	
Ночное				●

S18 Освещение I III, VII гр.	Цепь [illegible]	Цепь [illegible]	Цепь [illegible]	Цепь [illegible]	Цепь [illegible]
0					
Люминесцентное					
Вечернее					
Ночное					

X23

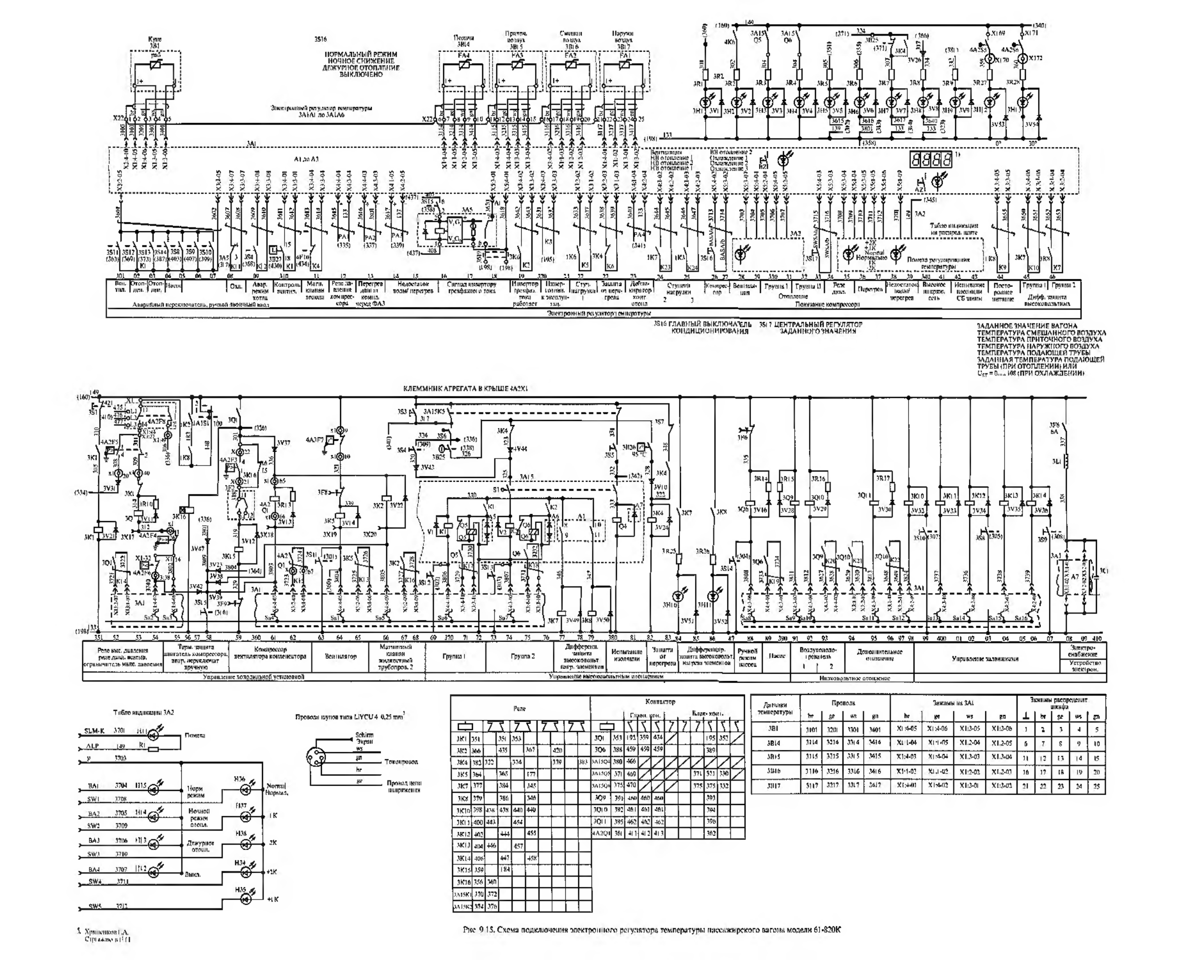
Конт	Цепь	Зона	Конт	Цепь	Зона	Конт	Цепь	Зона	Конт	Цепь	Зона
1	6	30	9	100	3	17	75	2	25		
2	6	39	10	1	10	18	131	35	26	192	53
3			11	63	36	19	131	35	27		
4	26	30	12	41	30	20			28		
5	26	39	13	41	30	21	45	27	29		
6	1	10	14	130	12	22	45	27	30	50	21
7	29	38	15	125	47	23	188	26			
8	28	36	16			24	188	24			

Контакторы и реле

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K18	K19	K20	K24	K25	K27	K28	K29	K30	K32	K33	K35
Катушки	46	17	88	56	48	21	37	85	38	50	43	68	76	90	115	123	16	92	93	115	109
Контакты	47	20, 56		76	83	22		122	56	77		48	77	82, 83	81	78	18	122	80	75	113
	18	59	124	123	83	31			8	77			80	88				122	80	75	
	16	8		73	40	31	21		9		21	19	92					53			
	24								36		60		79								

Световые сигналы	V81	V82	V83	V84	V07	V06	V85	V86	V80	V87	V88	V91	V92	V93	V90	V94	V95	V89
Зона	41	53	52	55	2	2	30	73	52	11	5	79	75	82	81	83	54	
Назначение	Маневрирование	Контроль температур букс: Перегрев, нагрев	Контроль температур букс: Работа	Насос	Корпус: –	Корпус: +	Кипятильник	Вентилятор	Вентилятор	Занятость: Тамбур	Занятость: Каб	Защита отопления: [illegible]	Защита отопления: [illegible]	Отопление: I гр	Отопление: [illegible]	Отопление: II гр	Микроволн. печь	Холодильник
Цвет	Зел	Кр.	Зел	Зел	Б	Б	Зел	Зел	Зел	Кр.	Кр	Кр.	Кр	Зел	Зел	Зел	Зел	Зел

Рис 9.4 Принципиальная электрическая схема комплексов электроснабжения ЭПВ 10.01.03 и ЭПВ 10.01.03-03



Реле										Контактор										
												Главн. кон.			Блок-конт.					
3К1	351		351	353						3Q1	353	193	359	434				195	352	
3К2	366		435		367		420			3Q6	388	459	459	459				389		
3К4	382	322		374			339		383	3А15Q4	380	466								
3К5	364		365		177					3А15Q5	371	469					371	371	330	
3К7	377		384		345					3А15Q6	375	470					375	375	332	
3К8	379		386		346					3Q9	391	460	460	460				393		
3К10	398	438	438	440	440					3Q10	392	461	461	461				394		
3К11	400	443		454						3Q11	395	462	462	462				396		
3К12	402		444		455					4А2Q1	361	411	412	413				362		
3К13	404	446		457																
3К14	406		447		458															
3К15	359		184																	
3К16	356	360																		
3А15К1	370	372																		
3А15К2	374	376																		

Датчики температуры	Провода				Зажимы на 3А1				Зажимы распределит. шкафа				
	br	ge	ws	gn	br	ge	ws	gn	⊥	br	ge	ws	gn
3В1	3101	3201	3301	3401	X1:4-05	X1:4-06	X1:3-05	X1:3-06	1	2	3	4	5
3В14	3114	3214	3314	3414	X1:1-04	X1:1-05	X1.2-04	X1.2-05	6	7	8	9	10
3В15	3115	3215	3315	3415	X1:4-03	X1:4-04	X1.3-03	X1.3-04	11	12	13	14	15
3В16	3116	3216	3316	3416	X1:1-02	X1:1-02	X1:2-02	X1.2-03	16	17	18	19	20
3В17	3117	3217	3317	3417	X1:4-01	X1:4-02	X1:3-01	X1:3-02	21	22	23	24	25

Рис. 9.15. Схема подключения электронного регулятора температуры пассажирского вагона модели 61-820К

Хриненко Г.А.
Стражко В.П.